

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-160285

(43)Date of publication of application : 18.06.1999

(51)Int.Cl.

G01N 27/90

(21)Application number : 09-329233

(71)Applicant : TAKENAKA KOMUTEN CO LTD

TOKIN CORP

KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 28.11.1997

(72)Inventor : TSURUOKA KOSUKE

UMEKUNI AKIRA

KINEBUCHI MASAO

SATO NAOYUKI

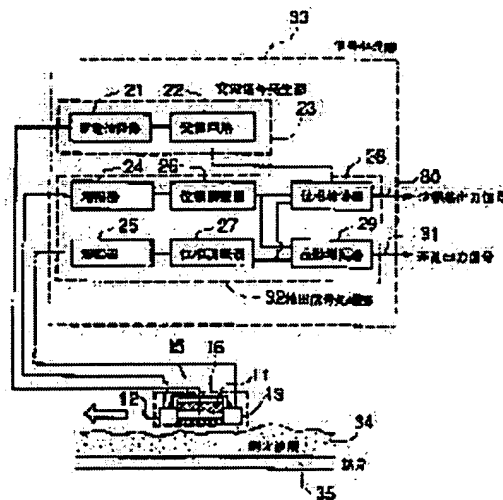
HOSHI NORIMITSU

(54) MAGNETIC FLAW DETECTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic flaw detector for effectively detecting presence or absence of a damage of a surface to be inspected by removing or reducing an influence of a structure existing in a surface direction crossing with a surface to be inspected at the time of detecting the presence or absence of the damage of the surface.

SOLUTION: A detecting sensor 16 has an exciting coil 11, detecting coils 12, 13 disposed to perpendicularly cross the exciting coil at both ends of the exciting coil, and a shielding plate 15 for reducing an AC magnetic field of a depth side of this paper of the exciting coil. An AC signal generator 23 is connected to the coil 11. And, a detection signal processor 32 for detecting a phase difference and an output difference of the respective detecting coils and outputting signals indicating them is connected the detecting coils. The sensor 16 is disposed on a refractory coating so that the coil 11 becomes parallel to a steel frame. When an AC current is supplied to the coil 11, a diamagnetizing field is generated in the frame by the field, and induced voltages are generated in the respective detecting coils. When the detecting coils pass near a crack, an output difference and a phase difference of the induced voltages are generated, and hence the crack can be detected by the differences. And, an influence to the detecting coils from depth side is removed or reduced by the plate 15.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.04.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the magnetic-field test equipment which inspects the breakage on the crack of a conductive inspected object, a defect, etc., and it relates breakage on the steel frame especially covered with the fire proof protection inside a building to the easy magnetic-field test equipment which can be detected to high degree of accuracy, without removing fire proof protection.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although the method of inspecting the breakage section of steel by un-destroying is proposed and enforced variously conventionally, the most is the nondestructive inspection approach of a contact mold. For example, although inspection of a steel frame weld zone is generally conducted with an ultrasonic method, since distance with a steel frame is large and cannot disregard the echo from a steel frame front face, when it departs from a supersonic wave from on fire proof protection, in order to investigate the existence of a crack to accuracy, the flaw detection child who departs from it and receives a supersonic wave must be contacted on an inspection object. On the other hand, although the nondestructive inspection using an X-ray plant is a non-contact mold, large-sized equipment must be used and there is a problem of not being simple. And the detection method of other non-contact molds has a limit of being able to detach distance with an inspection object only about 2-3mm.

[0003] Generally, since fire resistance efficiency is required supposing a fire and the approach of spraying fire resistive covering material (65mm[in thickness]:3-hour fire-resistance), and the approach of protecting with concrete are taken, any detection method of the conventional contact mold and a non-contact mold of a steel frame part is very difficult for inspection. For this reason, in carrying out flaw detection inspection of the steel frame member, the reinstatement after clearance of fire resistive covering material and inspection etc. needs to be worked before flaw detection, and it takes a great effort and time amount. Furthermore, the measures against the dust and noise which are generated at the time of an activity are also needed.

[0004] In view of such a problem, these people applied for the following magnetic-field test equipment and approaches by Japanese Patent Application No. No. 96196 [nine to] previously.

[0005] Namely, the exiting coil which generates an alternating current field for the detection sensor used for magnetic flaw detection, Two sensing coils respectively arranged in the directions, such as abbreviation, so that it may become the shaft orientations of this exiting coil, and the shaft orientations which carry out an abbreviation rectangular cross near the both ends of this exiting coil, Come out, and constitute, and it arranges so that the shaft orientations of the two above-mentioned sensing coils may serve as an abbreviation perpendicular to an inspected object, after only predetermined distance has separated this detection sensor from an inspected object. An alternating current field is generated from the both ends of an exiting coil by impressing alternating current to an exiting coil. An inspected object is made to generate a concentric circle-like eddy current according to the electromagnetic-induction operation based on this alternating current field, the two above-mentioned sensing coils detect the alternating current field resulting from this eddy current, and breakage on an inspected object is detected based on the output difference and phase contrast between each detecting signal from this two sensing coil.

[0006] By the magnetic-field test equipment of this Japanese Patent Application No. No. 96196 [nine to], and the approach In inspecting breakage on the beam near [which joined the beam to the column] the column-beam joint As opposed to a phase progressing rather than the alternating current field according [the alternating current field by the eddy current of a beam part] to the eddy current for a column-beam joint, when there is no breakage When there was breakage, the alternating current field by the eddy current of a beam part had detected the existence of breakage using the property in which a phase is overdue, by the difference in the output pattern of the phase contrast of the detecting

signal of two sensing coils rather than the alternating current field by the eddy current for a column-beam joint.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] however, by the magnetic-field test equipment of above-mentioned Japanese Patent Application No. No. 96196 [nine to], and the approach Flange after being prepared so that web 106 and beam 102 may cross at right angles at the upper bed section of web 106 and web 106 as shown in perspective view of drawing 12 104A, And the cross-section configuration constituted by bottom flange 104B prepared so that it might intersect perpendicularly with a web 106 at the soffit section of a web 106 is the so-called H steel which made the shape of H character. Join the beam 102 of this H steel so that it may intersect perpendicularly to a column 100, and a gusset plate 110 is set to a mounting beam case with two or more bolts 112 between a column 100 and a web 106 for the purpose of reinforcing this joint. When breakage on near the joint of the column 100 on the top face of bottom flange 104B and a beam 102 was inspected, there was a trouble that a detection sensor reacted to a gusset plate 110 and a bolt 112, the difference in the output pattern of the above-mentioned phase contrast became detailed, and detection of breakage became difficult. In addition, by drawing 12, in order to clarify the structure of a column-beam joint, the fire proof protection currently sprayed on the front face of a column 100 and a beam 102 is omitted and shown.

[0008] When the above trouble is explained more concretely, by the magnetic-field test equipment of above-mentioned Japanese Patent Application No. No. 96196 [nine to], and the approach Even if a different body (drawing 12 web 106) from an inspected object exists in the direction of a field which intersects the inspected side of a detection sensor If the distance from each of two sensing coils to the above-mentioned body established near the both ends of an exiting coil is equal Although the effect of the above-mentioned body to each sensing coil is abbreviation identitas, and the effect of the above-mentioned body can be disregarded since the existence of breakage is detected from the difference of the detecting signal from each sensing coil When still more nearly another body (drawing 12 a gusset plate 110 and a bolt 112) is attached in the above-mentioned body Since it will be in the same condition as the case where irregularity is shown in the front face of the above-mentioned body (web 106) and the distance from each of two sensing coils to the above-mentioned body differs, it is thought that the difference in the output pattern of phase contrast becomes detailed in response to the effect of the above-mentioned body.

[0009] In the column-beam joint of the above structures, since it is easy to damage the part shown in the thick line in the enlarged drawing of drawing 12 , i.e., the part which touches the edge part of the scallop 108 which is notching of an abbreviation flabellate form of bottom flange 104B (the same is said of top flange 104A), and especially the part in the edge of a weld zone 120, it is a serious problem for detection of breakage on this part to be difficult.

[0010] When accomplishing this invention in order to cancel the above-mentioned trouble, and detecting the existence of breakage on an inspected side, it aims at offering the magnetic-field test equipment which can remove or mitigate the effect of the structure which exists in the direction of a field which intersects this inspected side, and can detect the existence of breakage on an inspected side certainly.

[0011]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, magnetic-field test equipment according to claim 1 The sensing coil which detects the 2nd alternating current field which originated in said 1st alternating current field generated from said field generating coil, and was generated in the control surface of a conductive inspected object while being arranged near the field generating coil which generates the 1st alternating current field, and said field generating coil, It has the detection sensor section which said field generating coil, said sensing coil, and said reduction member consisted of movable in one, including the reduction member which reduces said 1st alternating current magnetic field strength generated from said field generating coil to the direction of a field which intersects the control surface of said inspected object.

[0012] thus, in magnetic-field test equipment according to claim 1 Since the detection sensor section is equipped with the reduction member which reduces the 1st alternating current magnetic field strength generated from a field generating coil to the direction of a field which intersects the control surface of an inspected object Even if it is the case where a certain structure exists in the direction of a field which intersects the control surface of the inspected object in the detection sensor section, the effect by the alternating current field over the detection sensor section from this structure can be removed or mitigated. Moreover, since it sets always constant the effect to the sensing coil of the alternating current field from this reduction member even if it originates in the 1st alternating current field generated from a field generating coil and an alternating current field occurs in a reduction member, since the detection sensor section is equipped with the reduction member movable in one with the field generating coil and the sensing coil, this effect can be disregarded.

[0013] moreover -- while each shaft orientations carry out [said sensing coil in magnetic-field test equipment according to claim 1] the abbreviation rectangular cross of the magnetic-field test equipment according to claim 2 with

the shaft orientations of said field generating coil in each location near the both ends of said field generating coil -- each abbreviation -- it is characterized by consisting of two sensing coils arranged so that the same direction may be turned to.

[0014] thus, according to magnetic-field test equipment according to claim 2, as a sensing coil in magnetic-field test equipment according to claim 1 while each shaft orientations carry out an abbreviation rectangular cross with the shaft orientations of a field generating coil in each location near the both ends of a field generating coil -- each abbreviation, since two sensing coils arranged so that the same direction may be turned to are used The detection sensor section serves as a detection sensor of Japanese Patent Application No. No. 96196 [nine to] mentioned above, and same self-calibration mold sensor, and can detect breakage on an inspected object certainly based on the difference of the output of two sensing coils.

[0015] Here, the principle in the case of inspecting breakage on an inspected object using the detection sensor section of magnetic-field test equipment according to claim 2 is explained.

[0016] the case where a flaw detection activity is done in the detection sensor section of magnetic-field test equipment according to claim 2 -- the detection sensor section -- the control surface of the inspected objects (for example, steel plate etc.) of conductivity [shaft orientations / of two sensing coils] -- receiving -- abbreviation -- it arranges so that it may become vertical. In this case, a field generating coil serves as abbreviation parallel to an inspected object. And alternating current is impressed to a field generating coil in this condition.

[0017] At this time, a part of alternating current field which leaked and came out from the ends of a field generating coil flows through an inspected object, and, thereby, an eddy current is guided to the front face of this inspected object. And the alternating current field which **** two sensing coils according to this eddy current occurs, and induced electromotive force occurs in two sensing coils.

[0018] Since the field generating coil is mostly installed in parallel with the inspected side of an inspected object, when there is no breakage in an inspected object, each eddy current generated by the alternating current field which leaked, respectively and came out from the both ends of a field generating coil also becomes almost equal, and, therefore, the electrical potential difference and phase of an output signal of two sensing coils are also alike (refer to drawing 7 (a)).

[0019] However, if one sensing coil passes through the crack part top when an inspected object has a crack, since the flow of the eddy current generated in the inspected body surface is intercepted with a crack, the field produced according to an eddy current will also change, and the balance between two output signals of a sensing coil will collapse (refer to drawing 7 (b)). Therefore, it becomes possible even from wrap fire proof protection thickly by comparing the output signal of two sensing coils to detect the crack of an inspected object to high degree of accuracy about the perimeter of an inspected object.

[0020] Furthermore, in arrangement of the above-mentioned detection sensor section, the alternating current field which leaked and came out from the both ends of a field generating coil will spread not only directly under [of the detection sensor section] but the front and behind the detection sensor section. Since the flaw detection of the breakage the front or behind the detection sensor section can be carried out by this, the flaw detection of the breakages on for a close corner etc. of beam-column becomes possible.

[0021] Here, a reduction member is not prepared in the detection sensor section, but the graph of the output difference detected in the experiment using the column-column model with which the column was made to connect when a column had an one-place crack, and the installation condition of the detection sensor section in this experiment are shown in drawing 11 (a). In this drawing, the distance (X coordinate) at the head of the detection sensor section when an axis of abscissa makes a crack a zero, and an axis of ordinate show the output difference of two sensing coils as a difference of the induced voltage of each coil. As shown in this drawing, by near the location of a crack showing a value with big differential output voltage, and using the output difference of a sensing coil shows that a crack location is detectable to high degree of accuracy.

[0022] Moreover, a reduction member is not prepared in the detection sensor section, but the experiment using the column-beam model which joined the column and the beam shows the graph of the phase contrast detected by the case where there is nothing with the case where there is a crack by the joint of a column and a beam, and the installation condition of the detection sensor section in this experiment to drawing 11 (b). the distance (X coordinate) at the head of the detection sensor section when an axis of abscissa makes the crack of a joint a zero in this drawing, and an axis of ordinate -- the phase contrast of the output signal of two sensing coils -- each -- as the output voltage difference in the simultaneous point of two output signals adjusted to the equal amplitude -- a table -- it is a thing the bottom.

[0023] In such a column-beam model, when the detection sensor section cannot pass, if it inspects near the column, since induction of the eddy current will be carried out also to a column, the signal of the sensing coil of the side near a column changes, and an output difference becomes large at the root part. In this case, the judgment of the existence of

the crack of the joint by the output difference becomes difficult.

[0024] Here, when a joint has a crack to a phase progressing rather than the alternating current field by the eddy current for a column-beam joint, as for the alternating current field by the eddy current of a beam part, a phase is behind [the alternating current field by the eddy current for a column-beam joint] in the alternating current field according to the eddy current of a beam part when there is no crack in a joint. As change of this phase is shown in drawing 11 (b), it appears as a difference in the phase contrast by the existence of the crack of a joint. Therefore, it becomes possible to judge the existence of the crack by the joint based on the phase contrast between each sensing coils.

[0025] In addition, although drawing 11 (a) and drawing 11 (b) show the case where there is no structure in the drawing 11 space late rice side of the detection sensor section, or the side of a near side If the distance of each of two sensing coils and the above-mentioned structure is abbreviation identitas when there is such the structure, since the effect of the alternating current field given from the above-mentioned structure to each sensing coil is abbreviation identitas, The output difference and phase contrast of each sensing coil are respectively served like the graph of drawing 11 (a) and drawing 11 (b).

[0026] However, it is H steel as the beam showed to drawing 12 in the above-mentioned column-beam model. When the gusset plate is attached in the connection of the web (equivalent to the above-mentioned structure) of a beam, and a column and it detects the existence of a crack of the top face of a bottom flange [/ near the column-beam joint] or the underside of a top flange Since a web becomes being the same as that of the condition of having become thick by the thickness of a gusset plate about the part in which the gusset plate is attached, The distance from each sensing coil to the wall surface by the side of a web differs, and the degree of the effect of an alternating current field to each sensing coil is different from the side face by the side of a web. The phase contrast between each sensing coil will not be in the condition which showed in the graph of drawing 11 (b), but it will become difficult to judge the existence of the crack by the joint based on phase contrast.

[0027] Then, it is checked by experiment by removing or mitigating the effect from [which intersects the control surface of an inspected object] a field by equipping the detection sensor section with the reduction member which reduces the alternating current magnetic field strength generated from a field generating coil to the direction of a field which intersects the control surface of an inspected object that the condition of the phase contrast between each sensing coil can make into the same condition as drawing 11 (b) and abbreviation. Therefore, it becomes possible by equipping the detection sensor section with the above reduction members to judge the existence of the crack by the joint based on the phase contrast between each sensing coils.

[0028] Then, magnetic-field test equipment according to claim 3 is equipped with a detection means to detect either [at least] the output difference between the output signals guided to said two sensing coils, or phase contrast, in magnetic-field test equipment according to claim 2.

[0029] Thus, since either [at least] the output difference between the output signals guided to two sensing coils in magnetic-field test equipment according to claim 2 or phase contrast is detected according to magnetic-field test equipment according to claim 3, based on either [at least] the detected output difference or phase contrast, breakage on an inspected object can be inspected easily.

[0030] Moreover, magnetic-field test equipment according to claim 4 is equipped at least with one side of a display means to display either [at least] said output difference detected by said detection means, or phase contrast, a judgment means to judge the breakage situation of said inspected object based on either [at least] said output difference detected by said detection means, or phase contrast, and **, in magnetic-field test equipment according to claim 3.

[0031] Thus, a display means to display either [at least] the output difference detected by the detection means in magnetic-field test equipment according to claim 3, or phase contrast according to magnetic-field test equipment according to claim 4, Since it has at least one side of the judgment means and ** which judge the breakage situation of an inspected object based on either [at least] the output difference detected by the detection means, or phase contrast When it has a display means, an operator can judge the breakage situation of an inspected object easily based on the content of a display by the display means, and when it has a judgment means, the breakage situation of an inspected object can be judged automatically.

[0032] In addition, as for said reduction member, it is desirable to install in the side face which intersects perpendicularly with the control surface of said inspected object of said field generating coil so that the shaft-orientations core of said field generating coil and the core of said reduction member may carry out abbreviation coincidence. Thus, by installing a reduction member in the side face which intersects perpendicularly with the control surface of the inspected object of a field generating coil While being able to enlarge the degree of reduction by the

reduction member of the alternating current magnetic field strength from the field generating coil to the direction of a field which intersects the control surface of the inspected object of a field generating coil By installing so that the shaft-orientations core of a field generating coil and the core of a reduction member may carry out abbreviation coincidence of the reduction member, effect of a reduction member to a sensing coil in case the sensing coil is arranged considering the shaft-orientations core of a field generating coil as a core can be made into abbreviation homogeneity. [0033] Moreover, said reduction member is nonmagnetic and it is desirable that it is the plate of a conductive high metallic material. Thus, magnetization of the reduction member by the alternating current field generated from the field generating coil by making a reduction member nonmagnetic can be prevented. While being able to enlarge the degree of reduction of the alternating current magnetic field strength from a field generating coil to the direction of a field which makes easy to generate the eddy current by the alternating current field generated from the field generating coil in the reduction member by using a reduction member as a conductive high metallic material, and intersects the control surface of an inspected object Installation to the detection sensor section of a reduction member can be easily performed now by making a reduction member monotonous.

[0034] Moreover, as for the thickness of said reduction member, it is desirable that it is thicker than the skin depth determined based on the frequency of the alternating current impressed in order to make said field generating coil generate said 1st alternating current field. That is, as for the thickness of a reduction member, it is desirable that it is thicker than skin depth δ called for by the following (1) formula.

[0035]

[Equation 1]

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \times \mu \times \sigma}} \quad (1)$$

[0036] Here, the angular frequency of the alternating current field which generates omega from a field generating coil, and mu show the permeability of a reduction member, and sigma shows the conductivity of a reduction member.

[0037] Thus, by setting up the thickness of a reduction member, the degree of reduction of the alternating current magnetic field strength from a field generating coil to the direction of a field which intersects the control surface of an inspected object can be enlarged.

[0038]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of the operation which relates to this invention using a drawing is explained.

[0039] The configuration block of the magnetic-field test equipment concerning the gestalt of operation of this invention is shown in drawing 1. the signal-processing machine 33 which outputs the phase contrast output signal 30 and the differential output signal 31 when the magnetic-field test equipment of the gestalt of this operation processes the signal which the detection sensor section 16 for detecting the magnetic change by breakage on the steel frame (steel plate) 35 covered with fire proof protection 34 and this sensor section detected, as shown in this drawing -- since -- it is constituted.

[0040] As shown in the side elevation of drawing 2 (a), and the front view (drawing seen from [of drawing 2 (a)] arrow-head S) of drawing 2 (b), the detection sensor section 16 here As a field generating coil arranged in the center section As the hand hold 14 grasped in case ***** 11, the sensing coil 12 arranged in each location near the both ends of this exiting coil and a sensing coil 13, and this detection sensor section 16 are moved, and a reduction member attached in the side face by the side of the drawing 2 (a) late rice of each above-mentioned coil (drawing 2 (b) right-hand side) It consists of ***** 15. The above-mentioned exiting coil 11 and sensing coils 12 and 13 are realizable by twisting a pre-insulation line around a long tubed body. In addition, the cross-section configuration of an exiting coil 11 and sensing coils 12 and 13 can be changed arbitrarily suitably, for example, may be circular, or a square shape is sufficient as it. Moreover, the dimension of each part of the detection sensor section 16 in the gestalt of this operation As shown in drawing 2 (a) and drawing 2 (b), the die length in alignment with the longitudinal direction of drawing 2 (a) of the detection sensor section 16 245mm, The height to which the die length to which the height which met in the vertical direction of drawing 2 (a) of sensing coils 12 and 13 met the longitudinal direction of drawing 2 (a) of 40mm and a shield 15 met in 150mm and the vertical direction of drawing 2 (a) of a shield 15 shall be [the board thickness of 75mm and a shield 15] 5mm. Moreover, the construction material of the shield 15 in the gestalt of this operation shall be aluminum.

[0041] Furthermore, the physical relationship of each coil which constitutes the detection sensor section 16 is shown in the side elevation of drawing 3. if the shaft orientations (the direction of the line which intersects perpendicularly with opening through the core of a coil centrum) of the exiting coil 11 of this drawing, a sensing coil 12, and a sensing coil

13 are made into the direction of P, the direction of Q, and the direction of R, respectively, while the direction of Q and the direction of R will carry out an abbreviation rectangular cross to the direction of P -- the direction of Q, and the direction of R -- abbreviation -- it is set up in the same direction. Moreover, spacing d1 from one edge of an exiting coil 11 to the medial axis of a sensing coil 12 And spacing d2 from the other-end section to the medial axis of a sensing coil 13 It is set up so that abbreviation etc. may be spread and may become.

[0042] moreover, the alternating current signal generator 23 by which the signal-processing machine 33 supplies alternating current to an exiting coil 11 as shown in drawing 1 and the detection signal-processing section 32 as a detection means which processes the output signal of sensing coils 12 and 13 -- since -- it is constituted.

[0043] the oscillator circuit 22 where the alternating current signal generator 23 generates the AC signal of predetermined frequency here, and the current regulator circuit 21 which amplifies the AC signal generated by this oscillator circuit 22 to the alternating current of a fixed current -- since -- it becomes. The current regulator circuit 21 is connected with the exiting coil 11, and an alternating current field occurs in an exiting coil 11 by the alternating current supplied from a current regulator circuit 21.

[0044] It connected with the sensing coil 12, and connected with the amplifier 24 which can amplify the output signal of this coil, the phase adjuster 26 which can adjust the phase of the output signal of the sensing coil 12 amplified by amplifier 24, and the sensing coil 13, and the detection signal-processing section 32 is equipped with the amplifier 25 which can amplify the output signal of this coil, and the phase adjuster 27 which can adjust the phase of the output signal of the sensing coil 13 amplified by amplifier 25.

[0045] Furthermore, the detection signal-processing section 32 detected the phase contrast of two inputted AC signals, detected the output differences (an electrical-potential-difference difference, power difference, etc.) of two AC signals inputted as the phase discriminator 28 which outputs the detected phase contrast information as a phase contrast output signal 30, and is equipped with the differential amplifier 29 which amplifies the detected output difference and is outputted as a differential output signal 31.

[0046] The output signal of two devices which any two devices are connected at least and connected of an oscillator circuit 22, a phase adjuster 26, and a phase adjuster 27 can be made into an input signal at phase discriminator 28. That is, when an oscillator circuit 22 and one of phase adjusters is connected to phase discriminator 28, phase discriminator 28 detects the phase contrast of the AC signal used as the criteria outputted from an oscillator circuit 22, and the output signal of one of the sensing coils connected. And when phase adjusters 26 and 27 are connected to phase discriminator 28, phase discriminator 28 detects the phase contrast of the output signal of a sensing coil 12, and the output signal of a sensing coil 13.

[0047] In addition, in order to raise detection precision, the case of the latter which connected phase adjusters 26 and 27 to phase discriminator 28 is desirable. Moreover, you may make it phase discriminator 28 detect the output difference of two input signals in a certain phase (simultaneous point) as an amount which shows phase contrast.

[0048] Moreover, the phase adjuster 26 and the phase adjuster 27 are connected to the differential amplifier 29, and the differential amplifier 29 detects magnification of a sensing coil 12 and a sensing coil 13, and the output difference of an output signal by which phase adjustment was carried out.

[0049] In addition, adjustment of an amplification factor and a phase of the amplifier 24 and 25 described above, phase adjusters 26 and 27, phase discriminator 28, and the differential amplifier 29 is enabled with the tongue for adjustment (not shown) with which the signal-processing machine 33 was equipped.

[0050] Next, by connecting the equipment data display and for analysis to the outgoing end of the signal-processing machine 33 shows the example which constituted the magnetic flaw detection system to drawing 4 . As shown in this drawing, either X-Y recorder 50 of the phase contrast output signal 30 and the differential output signal 31 which can record [a display and] either at least, the oscilloscope 52 and the computer 54 are connected to the signal-processing machine 33. Of course, it can also use, other indicating equipments, for example, digital display machine etc., etc. An operator can judge the breakage situation of an inspected object (steel frame 35) by observing the signal wave form displayed and recorded by these equipments.

[0051] In addition, a computer 54 can perform processing which judges the breakage situation of an inspected object automatically, or it not only outputs the wave of the phase contrast output signal 30 or the differential output signal 31 to the printer which does not display on a display or is not illustrated, but puts each output signal and a breakage situation in a database based on the phase contrast output signal 30 or the differential output signal 31. Above-mentioned X-Y recorder 50 and an oscilloscope 52 are equivalent to the display means of this invention, and the above-mentioned computer 54 is respectively equivalent to the judgment means of this invention.

[0052] Next, the example of sensor installation at the time of performing inspection of a breakage situation [/ near / where a beam is H steel and the gusset plate was attached in the joint of a column and a beam / the column-beam joint]

using the magnetic-field test equipment of the gestalt of this operation is shown in drawing 5 (a) thru/or drawing 5 (c). In addition, the top view where drawing 5 (a) looked at the side elevation, and drawing 5 (b) looked at drawing 5 (a) from arrow-head U, and drawing 5 (c) are the front views which looked at drawing 5 (a) from arrow-head S. Moreover, by drawing 5 (a) and drawing 5 (b), as shown in drawing 5 (c), although the front face of a beam 102 and a column 100 is covered with the fire proof protection 34 with a thickness of 50mm - about 65mm, in order to clarify the structure of each part, it is omitting the graphic display of fire proof protection. Moreover, this example of sensor installation explains the example of installation in the case of inspecting breakage on by the side of the top face of bottom flange of beam 102 104B.

[0053] As shown in drawing 5 (c), first, the beam 102 of an inspected object is installed on the wrap fire proof protection 34, so that a top face may become an inspected side and abbreviation parallel about a guide plate 114 (drawing 5 (b) graphic display abbreviation), and the detection sensor section 16 is arranged on the guide plate 114. That is, the detection sensor section 16 is scanned along the inspection direction K (refer to drawing 5 (a)) in this guide plate 114 top. Moreover, the shallow slot used for positioning of the detection sensor section 16 is established in the guide plate 114, and the position scale is also displayed along this slot (not shown).

[0054] The slot of a guide plate 114 can be doubled in the inspection direction K, the detection sensor section 16 can be scanned along this slot, an exact location can be reproduced by reading the location of the detection sensor section 16 by the position scale, and this can raise inspection precision further. In addition, the ingredient of a guide plate 114 has desirable plastics, such as acrylic resin of a non-conductor.

[0055] Next, the magnetic flaw detection work flow when inspecting the breakage situation of an inspected object using the detection sensor section 16 arranged like drawing 5 is explained using the flow chart of drawing 6 .

[0056] As shown in the flow chart of drawing 6 , before starting inspection, output adjustment of sensing coils 12 and 13 and phase adjustment are performed first (step 200). It places on the normal flat steel plate which does not have breakage of the detection sensor section 16 at the time of this adjustment, alternating current is supplied to an exiting coil 11, and, thereby, sensing coils 12 and 13 are made to produce induced voltage.

[0057] At this time, by phase adjustment, the amplification factor of amplifier 24 and 25 is adjusted and the output of each output signal is arranged so that the phase contrast output signal 30 which the signal-processing machine 33 outputted may abbreviation be in agreement and in agreement at zero, phase adjusters 26 and 27 may be adjusted, the phase of each output signal may be arranged and the differential output signal 31 may abbreviation be in agreement and in agreement in output adjustment at zero. These adjustments are easy actuation of turning the adjustment tongue which is not illustrated, and a beginner is also fully possible for them.

[0058] Next, it is the start location Xs on fire proof protection about the detection sensor section 16. It arranges (step 202). Here, as shown in drawing 5 (a), the joint of a column 100 and a beam 102 is made into a zero, and distance to the point of the detection sensor section 16 is set to X along with the longitudinal direction (the inspection direction K) of a beam steel plate from a zero. That is, at step 202, it is $X < -X_s$. It carries out. In addition, the abbreviation coincidence of the sense (shaft orientations of an exiting coil 11) of the detection sensor section 16 is made to carry out in the inspection direction K.

[0059] And alternating current is supplied to an exiting coil 11 from the alternating current signal generator 23 (step 204). A part of fields 41 and 42 which leaked and appeared from the both ends in the exiting coil 11 by this as an alternating current field occurred and it was shown in drawing 7 (a) flow through to bottom flange 104B, and, thereby, eddy currents 43 and 44 are generated by bottom flange 104B. And the anti-fields 45 and 46 occur according to these eddy currents 43 and 44. these anti-fields 45 and 46 -- the field of a steel plate -- receiving -- abbreviation -- the sensing coils 12 and 13 which have a vertical shaft are met, induced voltage occurs in sensing coils 12 and 13 by the temporal response of the anti-fields 45 and 46 which met, and it is outputted as an output signal.

[0060] In addition, drawing 7 (a) shows the field at the time of inspecting a location without breakage, since the eddy currents 43 and 44 are almost equal, it is equal, and it turns out that, as for the output signal of each sensing coil, equiphase and this output swing are shown. [of the anti-fields 45 and 46] However, since the field shown in drawing 7 (a) is an alternating current field, the sense of the arrow head which shows the direction of a field will interchange by turns (drawing 7 mentioned later (b) is the same).

[0061] Moreover, although the fields 41 and 42 which leaked and came out from the both ends of an exiting coil 11 also reach the location of sensing coils 12 and 13, since the component of the perpendicular direction of fields 41 and 42 is very small in this location, the electrical potential difference in which induction is carried out to the sensing coils 12 and 13 suitable for the perpendicular direction of an exiting coil 11 by fields 41 and 42 can disregard them.

[0062] Furthermore, although the fields 41 and 42 which leaked and came out from the both ends of an exiting coil 11 tend to result also to the location of a web 106 (refer to drawing 5), since the shield 15 (refer to drawing 5) is attached

in the side face which intersects perpendicularly with the inspected side of the detection sensor section 16, the strength of fields 41 and 42 which goes to a web 106 side is reduced. Moreover, although a minute anti-field occurs from a web 106 under the effect of the eddy currents 43 and 44 generated by bottom flange 104B, the effect on the sensing coils 12 and 13 by this anti-field is also mitigable with a shield 15. Moreover, since the shield 15 is attached in the flank of the detection sensor section 16 while it consists of aluminum with high conductivity, the very strong anti-field is always generated by the shield 15 from the anti-field generated by the web 106 by the fields 41 and 42 generated from the exiting coil 11, and minute effect of an anti-field from a web 106 can be relatively made small. Therefore, the effect of a web 106 side can also be disregarded.

[0063] Each output signal generated with sensing coils 12 and 13 is amplified by the amplifier 24 and 25 of drawing 1, and phase adjustment is carried out with phase adjusters 26 and 27. And while the differential output signal 31 detected from each output signal is outputted by the differential amplifier 29, the phase contrast output signal 30 detected from each output signal is outputted by phase discriminator 28.

[0064] Then, as shown in the flow chart of drawing 6, while the display and recording device (refer to drawing 4) connected to the latter part of the signal-processing machine 33 detect differential output signal [when the detection sensor section 16 has been arranged in the location X] S (X) (step 206), phase contrast output signal P (X) is detected (step 208). At this time, the detected data are recorded on the detail paper one by one using X-Y recorder 50 of drawing 4, or the detection value displayed on the oscilloscope 52 or the digital display machine is plotted on paper. Moreover, a detection value may be memorized to the storage of a computer 54.

[0065] Next, the arrangement location X of the detection sensor section 16 at present is the inspection termination location Xe. It judges whether it is in agreement (step 210). In addition, in the case of drawing 5 (a), it is the inspection termination location Xe. It is equivalent to the location of the detection sensor section 16 when the point of a sensing coil 12 results the joint of a column 100 and a beam 102 in the angle of wrap covering material.

[0066] The location X at present is the inspection termination location Xe. When not coming out (step 210 negation judging), only predetermined distance delta X moves the detection sensor section 16 in the inspection direction K. Thereby, the location X of the detection sensor section 16 serves as Xs-deltaX. And differential output signal S (X) and phase contrast output signal P (X) are again detected about return and the updated location X to steps 206 and 208, and same processing is performed.

[0067] thus -- one by one -- start location Xs from -- termination location Xe up to -- differential output signal S (X) and phase contrast output signal P (X) are obtained by deltaX unit. Here, when a location without a crack is inspected, the output signal of sensing coils 12 and 13 is almost in phase, and since output swing level is also near, differential output signal S (X) and phase contrast output-signal P (X) become a small value.

[0068] On the other hand, since the resistance of a crack part is large for example, if the detection sensor section 16 approaches the breakage section 80 as shown in drawing 7 (b), as compared with the case where the eddy current produced by the field 41 does not have a crack, a current value becomes small. Moreover, with access of the detection sensor section 16, bordering on the breakage section 80, an eddy current changes from 43a to 43b, and the anti-fields 45 and 46 produced by this also change. Consequently, since the magnetic flux which **** a sensing coil 12 differs from the magnetic flux which **** a sensing coil 13, a differential output signal becomes large.

[0069] then, it is shown in the flow chart of drawing 6 -- as -- the location X at present -- inspection termination location Xe the case (step 210 affirmation judging) of being in agreement -- location Xs from -- Xe up to -- a breakage location is detected based on differential output signal S (X) (step 214).

[0070] The field by which the detection sensor section 16 leaked and appeared from the edge of an exiting coil 11 in the column which crosses at the location approaching the joint of a column 100 and a beam 102 at right angles to an inspected object (beam) on the other hand flows through, the electrical potential difference by which induction is carried out to the sensing coil near a column changes, and a differential output signal changes with the alternating current fields by the eddy current generated on the column irrespective of the existence of the crack of a joint. Moreover, since the absolute value of output voltage changes in sensor height, the magnitude of an inspected object, etc., it becomes difficult to judge the existence of the crack of a joint with some differential output signal. In addition, since the distance to the web 106 which the gusset plate 110 is attached in the joint and includes a gusset plate 110 from a sensing coil 12 becomes smaller than the distance from a sensing coil 13 to a web 106 by the thickness of a gusset plate 110, Although the balance of the effect are influenced by the web 106 side collapses with a sensing coil 12 and a sensing coil 13, the effect are influenced by the web 106 side can be disregarded according to an operation of the shield 15 attached in the side face of the detection sensor section 16 as mentioned above. As drawing 11 already explained, even if it is the case where the gusset plate 110 is attached in the joint, the effect of a gusset plate can be removed or mitigated according to an operation of a shield 15, and the experimental result that the output pattern of a

phase contrast output signal is reversed with the existence of the crack (breakage section 82 of drawing 5) in the joint of a column 100 and a beam 102 is obtained.

[0071] Then, as shown in the flow chart of drawing 6 , based on phase contrast output signal P (X), the existence of the crack of the joint of a column 100 and a beam 102 is judged (step 216), and inspection is ended. in addition, a ***** [that the operator looked at the wave recorded by the X-Y recorder 50 grade in detection of the breakage location of steps 214 and 216, and this wave-like change pattern and the absolute value of a record signal exceeded the predetermined reference value] -- or a breakage location is judged with the output pattern of a signal. In addition, this criterion is programmed and you may make it a computer 54 judge a breakage location automatically.

[0072] In addition, with the gestalt of this operation, in order to use two sensing coils, a big detection value can be acquired and the flaw detection of high degree of accuracy becomes more possible from the case of one sensing coil. If the magnetic field by the side of breakage changes as a reason this big output is obtained, among the magnetic fields from two eddy currents generated in a steel plate with an exiting coil, it will be mentioned that the magnetic field of another side has the property to change to hard flow. When it estimates with prototype equipment, compared with one sensing coil, about 7% of improvement in an output is obtained.

[0073] The example of 1 location survey of the magnetic-field test equipment applied to the gestalt of this operation here is shown in drawing 8 (a) - drawing 8 (f), and even if it is the case where the gusset plate 110 is attached by forming a shield 15, it is shown that the crack of a column-beam joint is detectable to high degree of accuracy in the above-mentioned step 216. In addition, all the sensor height at the time of performing this location survey (height from an inspected side to the detection sensor section) is 80mm.

[0074] Drawing 8 (a) does not form a shield 15 in the detection sensor section 16, and shows the change to the sensor location of differential output voltage with the time of there being nothing with the time of a crack being near the joint of a column and a beam in case the gusset plate 110 is not attached in the joint of a column and a beam. Irrespective of the existence of a crack, if a joint is approached, differential output voltage will increase. Since the absolute value of differential output voltage changes in sensor height, the magnitude of an inspected object, etc., it turns out that the judgment of the existence of the crack of the joint by differential output voltage is difficult.

[0075] On the other hand, when drawing 8 (b) does not form a shield 15 in the detection sensor section 16 and the gusset plate 110 is not attached in the joint of a column and a beam, it can set. The change to the sensor location of phase contrast output voltage with the time of there being nothing with the time of a crack being near the joint of a column and a beam is shown, and although change of a phase contrast output is a slim margin, according to the existence of the crack of a joint, an output pattern reverses it. Therefore, by detecting the output pattern of phase contrast output voltage shows that the existence of the crack in a joint is detectable with high degree of accuracy, without forming a shield 15 in the detection sensor section 16, when the gusset plate 110 is not attached. Drawing 8 (c) shows the change to the sensor location of differential output voltage with the time of there being nothing with the time of a crack being near the joint of a column and a beam in case a shield 15 is not formed in the detection sensor section 16 and the gusset plate 110 is attached in the joint of a column and a beam. In this case, it becomes the location separated from the joint under the effect of a gusset plate 110 as compared with the case where there is no gusset plate 110 which the location which starts the increment in differential output voltage showed to drawing 8 (a) when the detection sensor section 16 was close brought to a joint, and when it brings close to a joint further and there is a crack, as compared with the case where there is nothing, differential output voltage becomes large. Thus, although a difference is looked at by the magnitude of change of differential output voltage as compared with the case where there is nothing when there is a gusset plate 110, since the absolute value of differential output voltage changes in sensor height or the magnitude of an inspected object, decision of the existence of the crack of the joint by differential output voltage is difficult like the case where there is no gusset plate also in this case.

[0076] Moreover, drawing 8 (d) is what shows the change to the sensor location of phase contrast output voltage in case a shield 15 is not formed in the detection sensor section 16 and the gusset plate 110 is attached in the joint of a column and a beam. In this case, although the magnitude of phase contrast output voltage becomes quite large under the effect of a gusset plate 110 as compared with the case where there is no gusset plate 110 shown in drawing 8 (b) on the whole Change of this output pattern is the same direction irrespective of the existence of a crack, and since reversal of an output pattern as shown in drawing 8 (b) does not take place, decision of the existence of the crack by phase contrast output voltage is difficult.

[0077] Drawing 8 (e) shows the change to the sensor location of differential output voltage with the time of there being nothing with the time of a crack being near the joint of a column and a beam in case a shield 15 is formed in the detection sensor section 16 and the gusset plate 110 is attached in the joint of a column and a beam. If a joint is approached irrespective of the existence of a crack, differential output voltage will increase, but the value is small as

compared with the case where there is no shield (when it is drawing 8 (c)). Since the absolute value of differential output voltage changes in sensor height, the magnitude of an inspected object, etc., it turns out that decision of the existence of the crack of the joint by differential output voltage is difficult.

[0078] On the other hand, although the change to the sensor location of phase contrast output voltage with the time of there being no drawing 8 (f) with the time of a crack being near the joint of the column and beam in the same conditions as drawing 8 (e) is shown and change of phase contrast output voltage has appeared early under the effect of a gusset plate 110 Like the case where there is no shield shown in drawing 8 (b), although change of phase contrast output voltage is a slim margin, according to the existence of the crack of a joint, an output pattern reverses it. Therefore, by detecting the output pattern of a phase contrast output shows that the existence of the crack in a joint is detectable with high degree of accuracy.

[0079] As explained to the detail above, since the magnetic-field test equipment concerning the gestalt of this operation has removed or mitigated the effect of the alternating current field from a web 106 side by forming a shield 15 in the side face by the side of the web 106 of the detection sensor section 16, even if it is the case where the gusset plate 110 is attached in the joint of a column and a beam, it can detect the breakage in the joint of a column and a beam certainly.

[0080] In addition, although the gestalt of this operation explained the shield 15 to the detection sensor section 16 equipped with two sensing coils about the mounting beam case, this invention is not limited to this, and even if a sensing coil is the one detection sensor section, it can acquire the same effectiveness as the gestalt of this operation, i.e., the effectiveness that the effect of the side of the detection sensor section can be removed or mitigated, by attaching a shield.

[0081] Moreover, although the gestalt of this operation explained the case where aluminum was applied as construction material of a shield 15, this invention is not limited to this and can apply copper, stainless steel, etc. that to be nonmagnetic preferably as construction material of a shield 15, and what is necessary is just a conductive high metal.

[0082] Moreover, although the gestalt of this operation explained the case where an I-shape coil was used as an exiting coil 11, this invention is not limited to this and may use the coil of other gestalten, such as U typeface coil.

[0083] Moreover, although the gestalt of this operation explained the case where the effect of the gusset plate 110 attached in the column-beam joint was removed or mitigated with a shield 15, this invention is not limited to this, and can remove or mitigate the effect of the above-mentioned back up plate, a bolt, etc. with a shield 15 also about the case where the back up plate, a bolt, etc. are attached in parts other than the joint of a web 106.

[0084] Moreover, although the gestalt of this operation explained the case where it was H steel equipped with the field where an inspected side, an inspected side, and an inspected object cross at right angles, it cannot be overemphasized that the effect from the field which this crosss diagonally like the gestalt of this operation also to steel equipped with the field which this invention is not limited to this and crosss diagonally at a predetermined include angle in an inspected side can be removed or mitigated.

[0085] Moreover, although the gestalt of this operation explained the case where breakage was detected based on the output difference between the output signals mutually guided to each sensing coil as the same direction in the direction which the pre-insulation line of a sensing coil 12 and a sensing coil 13 rolls This invention is good also as a gestalt which detects breakage based on the output sum between the output signals mutually guided to each sensing coil as a direction of reverse in the direction which it is not limited to this and the pre-insulation line of each sensing coil rolls.

[0086] Moreover, although the gestalt of this operation explained the case where the dimension of a shield 15 was made into die length of 150mm, height of 75mm, and 5mm of board thickness as shown in drawing 2 , this invention is not limited to this and can be made into arbitrary suitable dimensions.

[0087] It is checked as a result of the simulation using the shield of two or more kinds of dimensions by these people that it is effective to make the die length of an exiting coil 1 to 3 times the dimension of shaft orientations and the height of a shield into width of face 3 to 10 times the dimension of the direction where the shaft orientations of an exiting coil and the die length of a shield cross at right angles.

[0088] Moreover, although the gestalt of this operation explained the case where distance from spacing and the other-end section from one edge of an exiting coil 11 to the medial axis of a sensing coil 12 to the medial axis of a sensing coil 13 was considered as immobilization, this invention is good also as a gestalt which has the adjustment function which is not limited to this and enables modification of each distance.

[0089] One example of the detection sensor section 16 equipped with a means to realize this adjustment function is shown in drawing 9 . The detection sensor section 16 shown in this drawing is equipped with the slide base material with which it was constituted so that each slide plate could be slid in the direction which carries out abbreviation coincidence with the slide plate with which sensing coils 12 and 13 were fixed, and the shaft orientations of an exiting

coil 11, and the exiting coil 11 was fixed to the center section.

[0090] This slide base material is equipped with the stopper for making each slide plate fix, and the scale in which spacing from the edge of an exiting coil 11 to each sensing coil is shown. An operator can set up spacing d1 and d2 (also see drawing 3) free by loosening a stopper, moving sensing coils 12 and 13, looking at a scale, and rebuking a stopper in the place used as a certain scale value. In addition, it is spacing d1 and d2 by using a screw thread, a helicoid, etc. You may constitute so that fine adjustment may be possible.

[0091] Since the thickness of fire proof protection changes with the fireproof criteria, according to the thickness of fire proof protection, the distance of the detection sensor section and an inspected side changes. Here, the result of having carried out simulation of signs that the perpendicular direction component of the field generated from the exiting coil with sensor height (for 20-100mm) changes is shown in drawing 10 . As shown in this drawing, when distance separates the perpendicular direction component which generates an eddy current on an inspected object from the detection sensor section, it turns out that the maximum peak point is moving outside. Then, detection sensitivity can be raised by making spacing of an exiting coil and a sensing coil adjustable as mentioned above, and making it possible to arrange the center section of the sensing coil according to sensor height on the maximum peak point of a perpendicular direction component, i.e., the point that an eddy current becomes strong most.

[0092]

[Effect of the Invention] Since the detection sensor section is equipped with the reduction member which reduces the 1st alternating current magnetic field strength generated from a field generating coil to the direction of a field which intersects the control surface of an inspected object according to magnetic-field test equipment according to claim 1 Even if it is the case where a certain structure exists in the direction of a field which intersects the control surface of the inspected object in the detection sensor section, the effectiveness that the effect by the alternating current field over the detection sensor section from this structure can be removed or mitigated is acquired.

[0093] moreover, according to magnetic-field test equipment according to claim 2, as a sensing coil in magnetic-field test equipment according to claim 1 while each shaft orientations carry out an abbreviation rectangular cross with the shaft orientations of a field generating coil in each location near the both ends of a field generating coil -- each abbreviation, since two sensing coils arranged so that the same direction may be turned to are used The detection sensor section serves as a self-calibration mold sensor, and the effectiveness that breakage on an inspected object is certainly detectable based on the difference of the output of two sensing coils is acquired.

[0094] Moreover, since either [at least] the output difference between the output signals guided to two sensing coils in magnetic-field test equipment according to claim 2 or phase contrast is detected according to magnetic-field test equipment according to claim 3, the effectiveness that breakage on an inspected object can be easily inspected based on either [at least] the detected output difference or phase contrast is acquired.

[0095] Moreover, a display means to display either [at least] the output difference detected by the detection means in magnetic-field test equipment according to claim 3, or phase contrast according to magnetic-field test equipment according to claim 4, Since it has at least one side of the judgment means and ** which judge the breakage situation of an inspected object based on either [at least] the output difference detected by the detection means, or phase contrast The effectiveness that an operator can judge the breakage situation of an inspected object easily based on the content of a display by the display means when it has a display means, and the breakage situation of an inspected object can be automatically judged when it has a judgment means is acquired.

[0096] Moreover, since it is installed in the side face in which the control surface of the inspected object of a field generating coil and a reduction member cross at right angles according to magnetic-field test equipment according to claim 5 While being able to enlarge the degree of reduction by the reduction member of the alternating current magnetic field strength from the field generating coil to the direction of a field which intersects the control surface of the inspected object of a field generating coil The effectiveness that it can make abbreviation homogeneity effect of a reduction member to a sensing coil in case the sensing coil is arranged considering the shaft-orientations core of a field generating coil as a core since a reduction member is installed so that the shaft-orientations core of a field generating coil and the core of a reduction member may carry out abbreviation coincidence is acquired.

[0097] Moreover, since a reduction member is made nonmagnetic according to magnetic-field test equipment according to claim 6 Since magnetization of the reduction member by the alternating current field generated from the field generating coil can be prevented and a reduction member is used as a conductive high metallic material While being able to enlarge the degree of reduction of the alternating current magnetic field strength from a field generating coil to the direction of a field which makes easy to generate the eddy current by the alternating current field generated from the field generating coil in the reduction member, and intersects the control surface of an inspected object Since a reduction member is used as a plate, the effectiveness that installation to the detection sensor section of a reduction

member can be easily performed now is acquired.

[0098] Furthermore, since it is made thicker than the skin depth determined based on the frequency of the alternating current impressed in order that the thickness of a reduction member may make a field generating coil generate the 1st alternating current field according to magnetic-field test equipment according to claim 7, the effectiveness that the degree of reduction of the alternating current magnetic field strength from a field generating coil to the direction of a field which intersects the control surface of an inspected object can be enlarged is acquired.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The sensing coil which detects the 2nd alternating current field which originated in said 1st alternating current field generated from said field generating coil, and was generated in the control surface of a conductive inspected object while being arranged near the field generating coil which generates the 1st alternating current field, and said field generating coil, The reduction member which reduces said 1st alternating current magnetic field strength generated from said field generating coil to the direction of a field which intersects the control surface of said inspected object, Magnetic-field test equipment equipped with the detection sensor section which the implication and said field generating coil and said sensing coil, and said reduction member consisted of movable in one.

[Claim 2] while each shaft orientations carry out the abbreviation rectangular cross of said sensing coil with the shaft orientations of said field generating coil in each location near the both ends of said field generating coil -- each abbreviation -- the magnetic-field test equipment according to claim 1 characterized by consisting of two sensing coils arranged so that the same direction may be turned to.

[Claim 3] Magnetic-field test equipment [equipped with a detection means to detect either / at least / the output difference between the output signals guided to said two sensing coils, or phase contrast] according to claim 2.

[Claim 4] Magnetic-field test equipment [equipped with at least one side of a display means to display either / at least / said output difference detected by said detection means, or phase contrast, a judgment means to judge the breakage situation of said inspected object based on either / at least / said output difference detected by said detection means, or phase contrast and **] according to claim 3.

[Claim 5] Said reduction member is magnetic-field test equipment of claim 1 characterized by installing in the side face which intersects perpendicularly with the control surface of said inspected object of said field generating coil so that the shaft-orientations core of said field generating coil and the core of said reduction member may carry out abbreviation coincidence thru/or claim 4 given in any 1 term.

[Claim 6] Said reduction member is magnetic-field test equipment of claim 1 which is nonmagnetic and is characterized by being the plate of a conductive high metallic material thru/or claim 5 given in any 1 term.

[Claim 7] The thickness of said reduction member is magnetic-field test equipment of claim 1 characterized by being thicker than the skin depth determined based on the frequency of the alternating current impressed in order to make said field generating coil generate said 1st alternating current field thru/or claim 6 given in any 1 term.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the configuration block of the magnetic-field test equipment concerning the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing the detailed configuration of the detection sensor section concerning the gestalt of operation of this invention, and is the front view of the detection sensor section which set (a) in the side elevation of the detection sensor section, set (b) to (a), and was seen from arrow-head S.

[Drawing 3] It is drawing showing the physical relationship of the exiting coil and sensing coil in the detection sensor section concerning the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 4] It is drawing showing the example of the magnetic flaw detection structure of a system concerning the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 5] It is installation drawing of the outline of the detection sensor section in the case of inspecting the flaw detection situation of an inspected object with the magnetic-field test equipment concerning the gestalt of operation of this invention, and an inspected object, and the top view seen from [in / (a) and / in (b) / (a)] arrow-head U and (c) are the front views seen from arrow-head S in (a). [a side elevation]

[Drawing 6] It is the flow chart which shows the magnetic flaw detection work flow concerning the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 7] It is drawing showing the distribution of an anti-field produced according to the field generated when alternating current is passed to the exiting coil concerning the gestalt of operation of this invention, the eddy current generated on an inspected object, and the eddy current, and, as for drawing in case there is no breakage section near the location of a sensing coil, and (b), the breakage section of (a) is drawing in the case of being near the sensing coil.

[Drawing 8] It is the graph which shows the change to the distance from a crack to the detection sensor section head of the differential output voltage in a column-beam joint, or phase contrast output voltage. The differential output voltage at the time of inspecting (a) by the detection sensor section by which the column-beam joint in which the gusset plate is not attached is not prepared in the shield, The phase contrast output voltage at the time of inspecting (b) by the detection sensor section by which the column-beam joint in which the gusset plate is not attached is not prepared in the shield, The differential output voltage at the time of inspecting (c) by the detection sensor section by which the column-beam joint in which the gusset plate is attached is not prepared in the shield, The phase contrast output voltage at the time of inspecting (d) by the detection sensor section by which the column-beam joint in which the gusset plate is attached is not prepared in the shield, The differential output voltage at the time of inspecting (e) by the detection sensor section by which the column-beam joint in which the gusset plate is attached is prepared in the shield, (f) is a graph which shows each change of phase contrast output voltage ** at the time of inspecting by the detection sensor section by which the column-beam joint in which the gusset plate is attached is prepared in the shield.

[Drawing 9] It is a block diagram in the case of having the adjustment function of spacing of an exiting coil and a sensing coil.

[Drawing 10] It is field distribution of the field generated according to the eddy current produced in the steel plate when alternating current was passed to an exiting coil to the perpendicular direction for every sensor height.

[Drawing 11] It is drawing for explaining the principle of this invention, and the graph of the differential output voltage to the location at a sensor section plot plan in case (a) inspects a flaw detection situation with a column-column model, and the head of the sensor section, and (b) are the graphs according to existence of the crack of the phase contrast output to the location at the sensor section plot plan in the case of inspecting the existence of the crack of the joint of a column and a beam with a column-beam model, and the head of the sensor section.

[Drawing 12] It is drawing with which explanation of the trouble of the conventional technique is presented, and is the

fracture side elevation which expanded the part in the perspective view and this perspective view showing the column-beam joint at the time of using a gusset plate, and the structure of the circumference of it.

[Description of Notations]

11 Exiting Coil (Field Generating Coil)
12 Sensing Coil
13 Sensing Coil
14 Hand Hold
15 Shield (Reduction Member)
16 Detection Sensor Section
21 Current Regulator Circuit
22 Oscillator Circuit
23 Alternating Current Signal Generator
24 25 Amplifier
26 27 Phase adjuster
28 Phase Discriminator
29 Differential Amplifier
30 Phase Contrast Output Signal
31 Differential Output Signal
32 Detection Signal-Processing Section (Detection Means)
33 Signal-Processing Machine
50 X-Y Recorder (Display Means)
52 Oscilloscope (Display Means)
54 Computer (Judgment Means)
100 Column
102 Beam (Inspected Object)
104 Flange
106 Web
108 Scallop
110 Gusset Plate

[Translation done.]

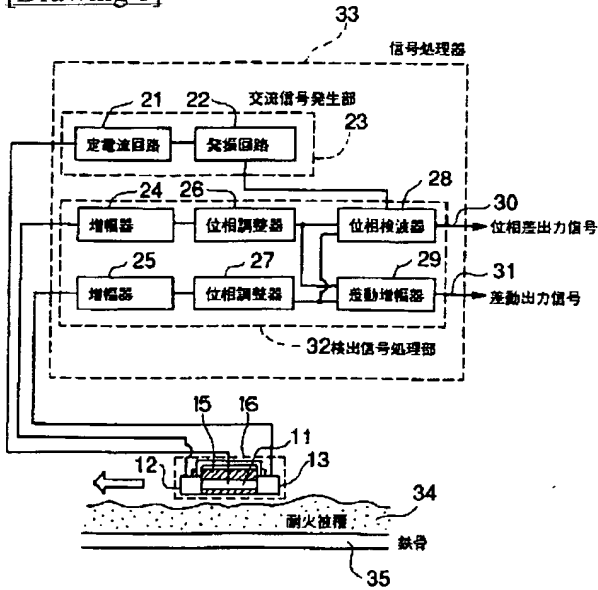
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

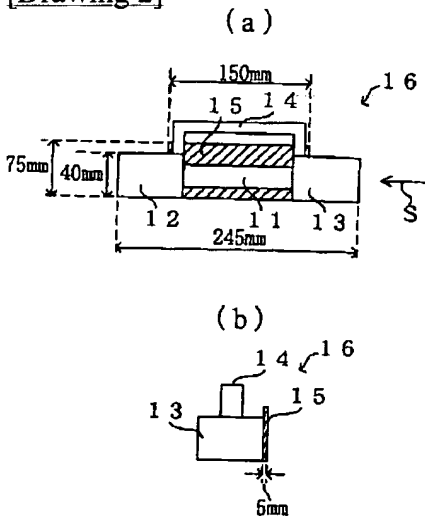
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

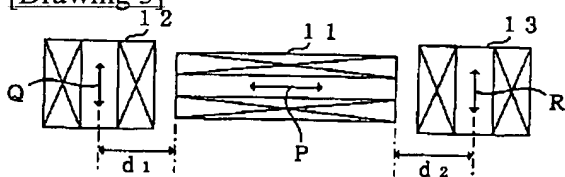
[Drawing 1]



[Drawing 2]



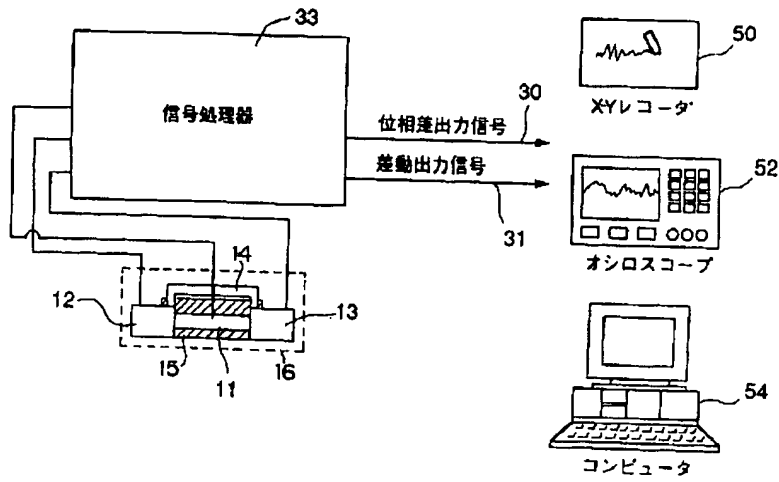
[Drawing 3]



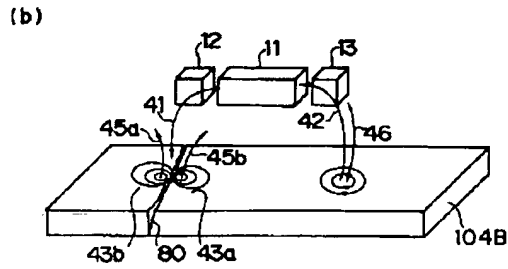
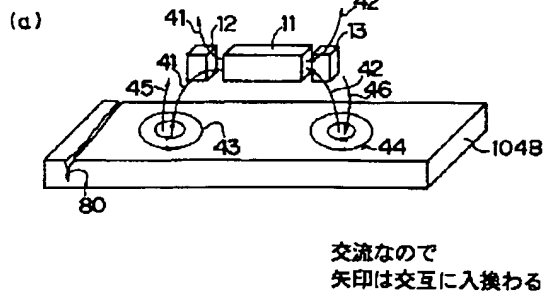
[Drawing 4]

BEST AVAILABLE COPY

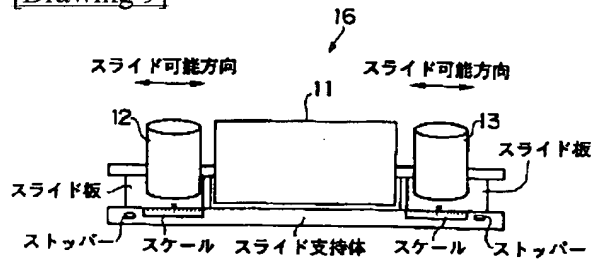
磁気探傷システム



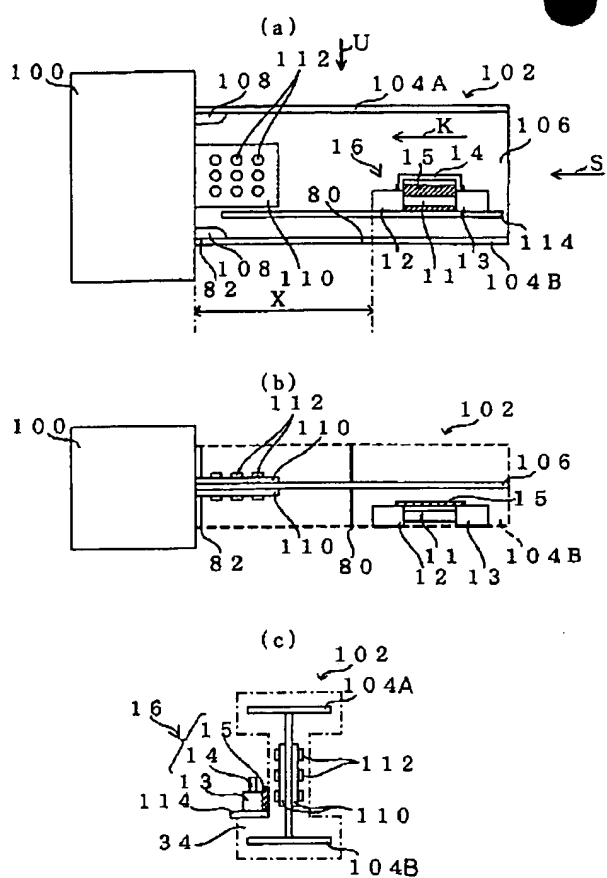
[Drawing 7]



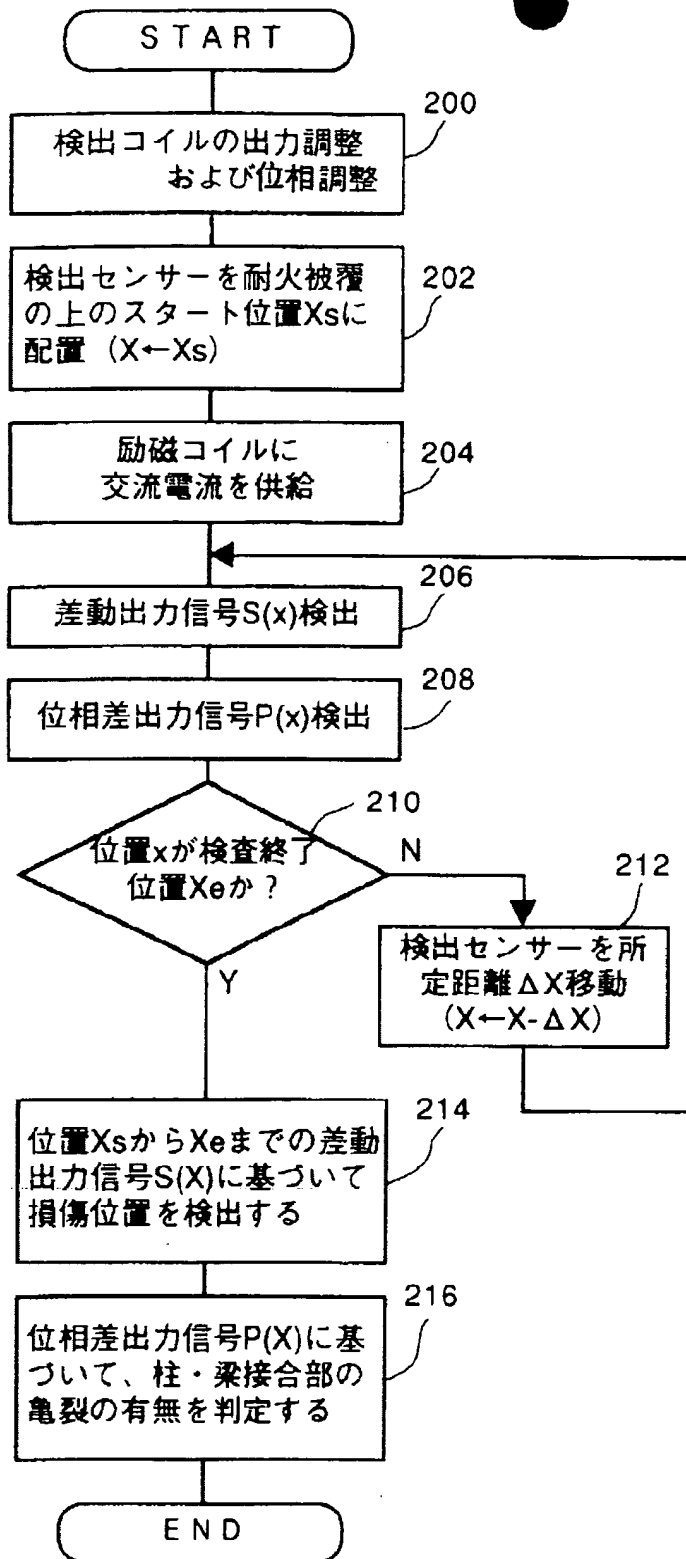
[Drawing 9]



[Drawing 5]



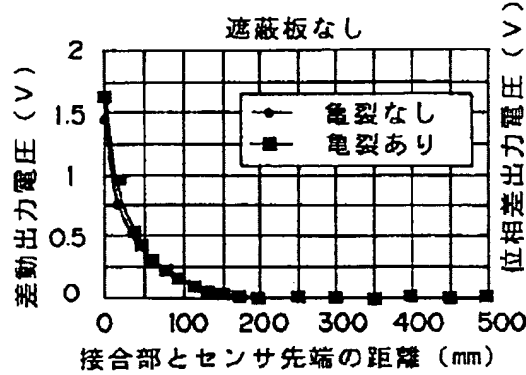
[Drawing 6]



[Drawing 8]

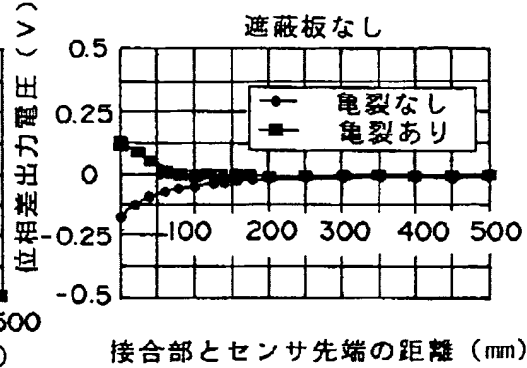
(a)

柱-梁接合部
(ガセットプレートなし)



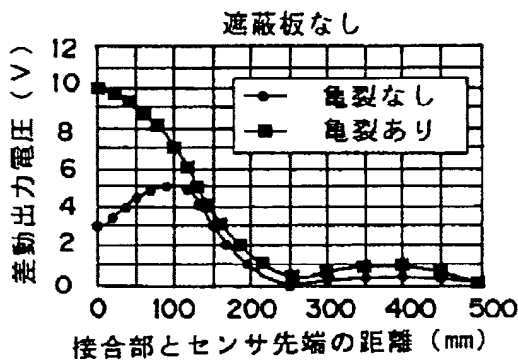
(b)

柱-梁接合部
(ガセットプレートなし)



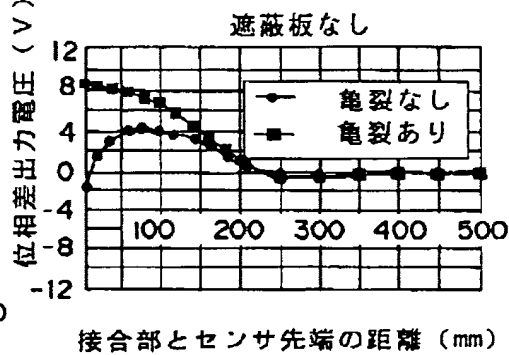
(c)

柱-梁接合部
(ガセットプレートあり)



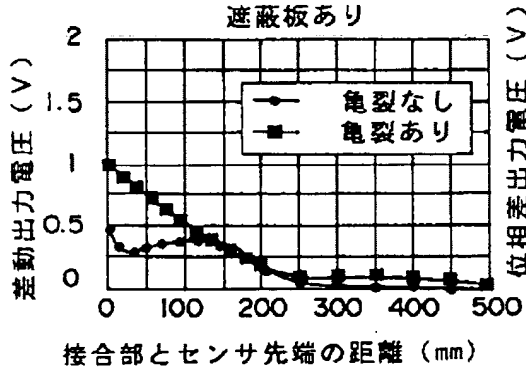
(d)

柱-梁接合部
(ガセットプレートあり)



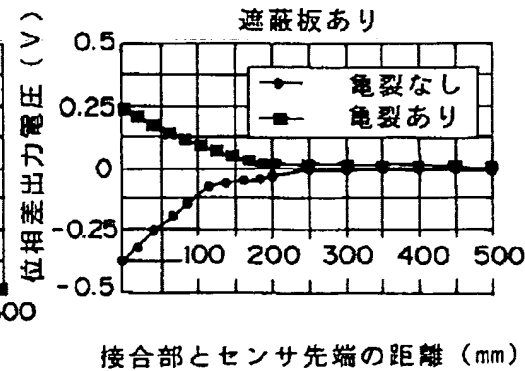
(e)

柱-梁接合部
(ガセットプレートあり)



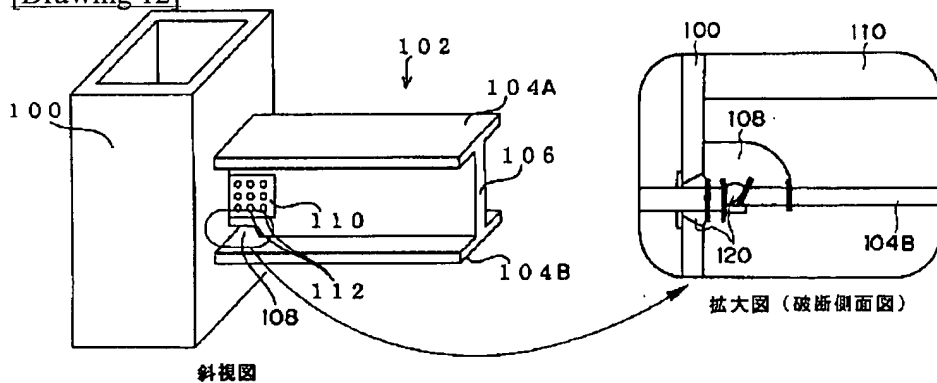
(f)

柱-梁接合部
(ガセットプレートあり)



[Drawing 10]

BEST AVAILABLE COPY



9/27/2004

特開平11-160285

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月18日

(51) IntCl.⁵

識別記号

F I

G 0 1 N 27/90

G 0 1 N 27/90

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願平9-329233	(71) 出願人	000003621 株式会社竹中工務店 大阪府大阪市中央区本町4丁目1番13号
(22) 出願日	平成9年(1997)11月28日	(71) 出願人	000134257 株式会社トーキン 宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号
		(71) 出願人	000001199 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号
		(72) 発明者	鶴岡 幸輔 千葉県印西市大塚1丁目5番地1 株式会 社竹中工務店技術研究所内
		(74) 代理人	弁理士 中島 淳 (外3名)

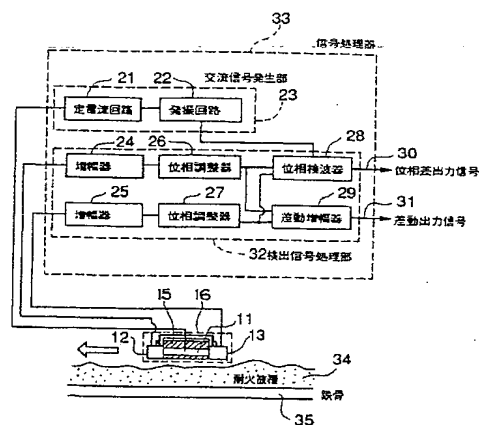
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気探傷装置

(57) 【要約】

【課題】 被検査面の損傷の有無を検出するとき、該被検査面と交差する面方向に存在する構造物の影響を除去または軽減して確実に被検査面の損傷の有無を検出することができる磁気探傷装置を得る。

【解決手段】 励磁コイル11と、その両端に励磁コイルと直交するように配置した検出コイル12、13と、励磁コイルの紙面奥手側の交流磁界を低減する遮蔽板15とから検出センサー部16を構成する。励磁コイル11には交流信号発生部23を接続し、検出コイルには各検出コイルの位相差及び出力差を検出して各々を示す信号を出力する検出信号処理部32に接続する。励磁コイル11が鉄骨と平行になるように検出センサー部16を耐火被覆上に配置し、励磁コイル11に交流電流を流すと、発生した磁界により鉄骨に反磁界が発生して各検出コイルには誘起電圧が発生する。検出コイルが亀裂近傍を通過すると、誘起電圧の出力差、位相差が生じるので、この差に基づいて亀裂を検出できる。また、遮蔽板15により紙面奥手側からの検出コイルに対する影響を除去又は軽減できる。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の交流磁界を発生する磁界発生コイルと、

前記磁界発生コイルの近傍に配置されると共に前記磁界発生コイルから発生する前記第 1 の交流磁界に起因して導電性の被検査体の検査面に発生した第 2 の交流磁界を検出する検出コイルと、

前記被検査体の検査面と交差する面方向に対して前記磁界発生コイルから発生する前記第 1 の交流磁界の強さを低減する低減部材と、

を含み、かつ前記磁界発生コイルと前記検出コイルと前記低減部材とが一体的に移動可能に構成された検出センサー部を備えた磁気探傷装置。

【請求項 2】 前記検出コイルは、前記磁界発生コイルの両端部近傍の各位置に、各々軸方向が前記磁界発生コイルの軸方向と略直交すると共に各々略同じ方向を向くように配置された 2 個の検出コイルから構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の磁気探傷装置。

【請求項 3】 前記 2 個の検出コイルに誘導された出力信号間の出力差及び位相差の少なくとも一方を検出する検出手段を備えた請求項 2 記載の磁気探傷装置。

【請求項 4】 前記検出手段により検出された前記出力差及び位相差の少なくとも一方を表示する表示手段と、前記検出手段により検出された前記出力差及び位相差の少なくとも一方に基づいて前記被検査体の損傷状況を判定する判定手段と、の少なくとも一方を備えた請求項 3 記載の磁気探傷装置。

【請求項 5】 前記低減部材は、前記磁界発生コイルの前記被検査体の検査面と直交する側面に前記磁界発生コイルの軸方向中心と前記低減部材の中心とが略一致するように設置することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 の何れか 1 項記載の磁気探傷装置。

【請求項 6】 前記低減部材は、非磁性でかつ導電性の高い金属材料の平板であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 の何れか 1 項記載の磁気探傷装置。

【請求項 7】 前記低減部材の厚さは、前記磁界発生コイルに前記第 1 の交流磁界を発生させるために印加される交流電流の周波数に基づいて決定される表皮深さよりも厚いことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 の何れか 1 項記載の磁気探傷装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、導電性の被検査体の亀裂、欠陥などの損傷を検査する磁気探傷装置に係り、特に、建築物内部の耐火被覆に覆われた鉄骨の損傷を、耐火被覆を剥がすことなく容易かつ高精度に検出することが可能な磁気探傷装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、鋼材の損傷部を非破壊で検査

する方法が多種多様に提案、実施されているが、そのほとんどが接触型の非破壊検査方法である。例えば、鉄骨溶接部の検査は、一般に超音波探傷法で行われるが、耐火被覆上から超音波を発進した場合、鉄骨との距離が大きく、また鉄骨表面からの反射を無視できないので、亀裂の有無を正確に探査するためには、超音波を発進・受信する探傷子を検査体に接触させておかなければならない。これに対し、X線装置を用いた非破壊検査法は非接触型であるが、大型の装置を用いなければならず、簡便ではないという問題がある。そして、他の非接触型の検査法は、検査体との距離を 2～3mm 程度しか離すことができない、などの制限がある。

【0003】一般に鉄骨部分は、火災を想定して耐火性能が要求されるため、耐火被覆材（厚さ 65mm：3 時間耐火）を吹きつける方法やコンクリートで保護する方法が採られているので、従来の接触型及び非接触型のいずれの検査法でも検査がきわめて困難である。このため、鉄骨部材を探傷検査する場合には、探傷前に耐火被覆材の除去、検査後の復旧などの作業が必要であり、多大な労力と時間がかかる。さらに、作業時に発生する塵埃や騒音に対する処置も必要となる。

【0004】このような問題に鑑み、本出願人は先に特願平 9-96196 号により次のような磁気探傷装置及び方法を出願した。

【0005】すなわち、磁気探傷に用いる検出センサーを、交流磁界を発生する励磁コイルと、該励磁コイルの両端部近傍に該励磁コイルの軸方向と略直交する軸方向となるように各々略等方向に配置された 2 個の検出コイルと、で構成し、この検出センサーを被検査体から所定距離だけ離れた状態で上記 2 個の検出コイルの軸方向が被検査体に対して略垂直となるように配置し、励磁コイルに交流電流を印加することにより励磁コイルの両端部から交流磁界を発生し、該交流磁界に基づく電磁誘導作用によって被検査体に同心円状の渦電流を発生させ、該渦電流に起因する交流磁界を上記 2 個の検出コイルにより検出し、この 2 個の検出コイルからの各検出信号間の出力差及び位相差に基づいて被検査体の損傷を検出するものである。

【0006】この特願平 9-96196 号の磁気探傷装置及び方法では、柱と梁を接合した柱-梁接合部近傍の梁の損傷を検査する場合には、損傷が無い場合は梁部分の渦電流による交流磁界が柱-梁接合部分の渦電流による交流磁界よりも位相が進むのに対し、損傷がある場合は梁部分の渦電流による交流磁界が柱-梁接合部分の渦電流による交流磁界よりも位相が遅れるという性質を利用して、2 個の検出コイルの検出信号の位相差の出力パターンの違いにより損傷の有無を検出していた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記特願平 9-96196 号の磁気探傷装置及び方法では、図

12の斜視図に示すように、梁102がウェブ106、ウェブ106の上端部にウェブ106に直交するように設けられた上フランジ104A、及びウェブ106の下端部にウェブ106に直交するように設けられた下フランジ104Bにより構成された断面形状がH字状をなした所謂H鋼であり、このH鋼の梁102を柱100に対して直交するように接合し、該接合部を補強することを目的として柱100とウェブ106との間にガセットプレート110を複数のボルト112により取付けた場合において、下フランジ104B上面の柱100と梁102との接合部近傍の損傷を検査する場合、ガセットプレート110及びボルト112に検出センサーが反応し、上記位相差の出力パターンの違いが微細となり、損傷の検出が困難になる、という問題点があった。なお、図12では柱-梁接合部の構造を明確化するために柱100及び梁102の表面に吹き付けてある耐火被覆を省略して示している。

【0008】以上の問題点をより具体的に説明すると、上記特願平9-96196号の磁気探傷装置及び方法では、検出センサーの被検査面と交差する面方向に被検査体とは異なる物体（図12ではウェブ106）が存在しても、励磁コイルの両端部近傍に設けられた2個の検出コイルの各々から上記物体までの距離が等しければ、各検出コイルに対する上記物体の影響は略同一であり、各検出コイルからの検出信号の差分から損傷の有無を検出しているために、上記物体の影響を無視することができるが、上記物体にさらに別の物体（図12ではガセットプレート110及びボルト112）が取付けられている場合は、上記物体（ウェブ106）の表面に凹凸がある場合と同様の状態となり、2個の検出コイルの各々から上記物体までの距離が異なってしまうため、上記物体の影響を受けて位相差の出力パターンの違いが微細になると考えられる。

【0009】上記のような構造の柱-梁接合部においては、図12の拡大図における太実線に示す箇所、すなわち下フランジ104B（上フランジ104Aも同様）の略扇状の切り欠きであるスカラップ108のエッジ部分に接する部位や溶接部120の端部における部位が特に損傷しやすいため、この部分の損傷の検出が困難であることは深刻な問題である。

【0010】本発明は上記問題点を解消するために成されたものであり、被検査面の損傷の有無を検出するとき、該被検査面と交差する面方向に存在する構造物の影響を除去または軽減して確実に被検査面の損傷の有無を検出することができる磁気探傷装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1記載の磁気探傷装置は、第1の交流磁界を発生する磁界発生コイルと、前記磁界発生コイルの近傍

に配置されると共に前記磁界発生コイルから発生する前記第1の交流磁界に起因して導電性の被検査体の検査面に発生した第2の交流磁界を検出する検出コイルと、前記被検査体の検査面と交差する面方向に対して前記磁界発生コイルから発生する前記第1の交流磁界の強さを低減する低減部材と、を含み、かつ前記磁界発生コイルと前記検出コイルと前記低減部材とが一体的に移動可能に構成された検出センサー部を備えている。

【0012】このように、請求項1に記載の磁気探傷装置では、被検査体の検査面と交差する面方向に対して磁界発生コイルから発生する第1の交流磁界の強さを低減する低減部材が検出センサー部に備えられているので、検出センサー部における被検査体の検査面と交差する面方向に何らかの構造物が存在する場合であっても、該構造物からの検出センサー部に対する交流磁界による影響を除去または軽減することができる。また、低減部材は検出センサー部に磁界発生コイル及び検出コイルと一体的に移動可能に備えられているので、磁界発生コイルから発生される第1の交流磁界に起因して低減部材に交流磁界が発生しても、この低減部材からの交流磁界の検出コイルに対する影響は常に一定とされるので、この影響を無視することができる。

【0013】また、請求項2記載の磁気探傷装置は、請求項1記載の磁気探傷装置における前記検出コイルが、前記磁界発生コイルの両端部近傍の各位置に、各々軸方向が前記磁界発生コイルの軸方向と略直交すると共に各々略同じ方向を向くように配置された2個の検出コイルから構成されていることを特徴としている。

【0014】このように、請求項2に記載の磁気探傷装置によれば、請求項1記載の磁気探傷装置における検出コイルとして、磁界発生コイルの両端部近傍の各位置に、各々軸方向が磁界発生コイルの軸方向と略直交すると共に各々略同じ方向を向くように配置された2個の検出コイルを用いているので、検出センサー部は上述した特願平9-96196号の検出センサーと同様の自己校正型センサーとなり、2個の検出コイルの出力の差分に基づいて被検査体の損傷を確実に検出することができる。

【0015】ここで、請求項2記載の磁気探傷装置の検出センサー部を用いて被検査体の損傷を検査する場合の原理について説明する。

【0016】請求項2記載の磁気探傷装置の検出センサー部で探傷作業を実行する場合には、検出センサー部を、2個の検出コイルの軸方向が導電性の被検査体（例えば、鋼板等）の検査面に対して略垂直となるように配置する。この場合、磁界発生コイルは被検査体に対して略平行となる。そして、この状態で磁界発生コイルに交流電流を印加する。

【0017】このとき、磁界発生コイルの両端から漏れ出た交流磁界の一部は被検査体を貫流し、これにより、

該被検査体の表面には渦電流が誘導される。そして、この渦電流により 2 個の検出コイルを差交する交流磁界が発生し、2 個の検出コイルには誘導起電力が発生する。

【0018】磁界発生コイルは、被検査体の被検査面とほぼ平行に設置されているため、被検査体に損傷が無い場合には、磁界発生コイルの両端部からそれぞれ漏れ出た交流磁界により発生する各々の渦電流もほぼ等しくなり、よって、2 個の検出コイルの出力信号の電圧及び位相も似通ってくる（図 7（a）参照）。

【0019】しかし、被検査体に亀裂がある場合には、一方の検出コイルが亀裂箇所の上を通過していくと、被検査体表面に発生している渦電流の流れは亀裂で遮断されるため、渦電流によって生じる磁界も変化し、2 個の検出コイルの出力信号間のバランスが崩れる（図 7

（b）参照）。よって、2 個の検出コイルの出力信号を比較することによって、被検査体の周囲を厚く覆う耐火被覆の上からでも被検査体の亀裂を高精度に検出することが可能となる。

【0020】さらに、上記の検出センサー部の配置では、磁界発生コイルの両端部から漏れ出た交流磁界は、検出センサー部の直下だけでなく検出センサー部の前方及び後方にも広がることになる。これにより、検出センサー部の前方又は後方にある損傷を探傷できるので、柱梁の入隅部分などの損傷の探傷が可能となる。

【0021】ここで、検出センサー部に低減部材を設けず、柱を連結させた柱-柱モデルを用いた実験で、柱に 1 か所亀裂があった場合に検出された出力差のグラフ及びこの実験での検出センサー部の設置状態を図 1 1

（a）に示す。同図において、横軸は、亀裂を原点とした場合の検出センサー部先端の距離（X 座標）、縦軸は、2 個の検出コイルの出力差を各コイルの誘起電圧の差として示したものである。同図に示すように、亀裂の位置付近で差動出力電圧が大きな値を示し、検出コイルの出力差を用いることによって、高精度に亀裂位置を検出できることがわかる。

【0022】また、検出センサー部に低減部材を設けず、柱と梁とを接合した柱-梁モデルを用いた実験で、柱と梁との接合部で亀裂がある場合と無い場合とで検出された位相差のグラフ及びこの実験での検出センサー部の設置状態を図 1 1（b）に示す。同図において、横軸は、接合部の亀裂を原点とした場合の検出センサー部先端の距離（X 座標）、縦軸は、2 個の検出コイルの出力信号の位相差を、各々等しい振幅に調整された 2 出力信号の同時点での出力電圧差として表したものである。

【0023】このような柱-梁モデルでは、その付け根部分には、検出センサー部が通過できない上、柱の近傍で検査すると、柱にも渦電流が誘起されるため、柱に近い側の検出コイルの信号は変化し、出力差が大きくなる。この場合には、出力差による接合部の亀裂の有無の判定は困難となる。

【0024】ここで、接合部に亀裂が無い場合は、梁部分の渦電流による交流磁界は柱-梁接合部分の渦電流による交流磁界よりも位相が進むのに対し、接合部に亀裂がある場合は、梁部分の渦電流による交流磁界は柱-梁接合部分の渦電流による交流磁界よりも位相が遅れる。この位相の変化は、図 1 1（b）に示すように、接合部の亀裂の有無による位相差の違いとして現れる。従って、個々の検出コイル間の位相差に基づいて接合部での亀裂の有無を判定することが可能となる。

【0025】なお、図 1 1（a）及び図 1 1（b）は、検出センサー部の図 1 1 紙面奥手側または手前側の側方に構造物がない場合を示しているが、このような構造物がある場合においても、2 個の検出コイルの各々と上記構造物との距離が略同一であれば、上記構造物から各検出コイルに対して与える交流磁界の影響は略同一であるため、各検出コイルの出力差及び位相差は各々図 1 1（a）及び図 1 1（b）のグラフと同様に振る舞う。

【0026】しかしながら、上記柱-梁モデルにおいて、梁が図 1 2 に示したような H 鋼であり、梁のウェブ（上記構造物に相当）と柱との接続部にガセットプレートが取付けられている場合において柱-梁接合部近傍における下フランジの上面または上フランジの下面の亀裂の有無を検出する場合は、ガセットプレートが取付けられている部分についてはウェブがガセットプレートの厚さ分だけ厚くなった状態と同様となるため、各検出コイルからウェブ側の壁面までの距離が異なってしまう、ウェブ側の側面から各々の検出コイルに対する交流磁界の影響の度合いが相違してしまい、各検出コイル間の位相差は図 1 1（b）のグラフに示した状態とはならず、位相差に基づいて接合部での亀裂の有無を判定することが困難となる。

【0027】そこで、被検査体の検査面と交差する面方向に対して磁界発生コイルから発生する交流磁界の強さを低減する低減部材を検出センサー部に備えることによって被検査体の検査面と交差する面方向からの影響を除去または軽減することにより各検出コイル間の位相差の状態を図 1 1（b）と略同様の状態とすることができるとが実験により確認されている。従って、上記のような低減部材を検出センサー部に備えることによって、個々の検出コイル間の位相差に基づいて接合部での亀裂の有無を判定することが可能となる。

【0028】そこで、請求項 3 記載の磁気探傷装置は、請求項 2 記載の磁気探傷装置において、前記 2 個の検出コイルに誘導された出力信号間の出力差及び位相差の少なくとも一方を検出する検出手段を備えている。

【0029】このように、請求項 3 に記載の磁気探傷装置によれば、請求項 2 記載の磁気探傷装置における 2 個の検出コイルに誘導された出力信号間の出力差及び位相差の少なくとも一方が検出されるので、検出された出力差及び位相差の少なくとも一方に基づいて容易に被検査

体の損傷を検査することができる。

【0030】また、請求項4記載の磁気探傷装置は、請求項3記載の磁気探傷装置において、前記検出手段により検出された前記出力差及び位相差の少なくとも一方を表示する表示手段と、前記検出手段により検出された前記出力差及び位相差の少なくとも一方に基づいて前記被検査体の損傷状況を判定する判定手段と、の少なくとも一方を備えている。

【0031】このように、請求項4に記載の磁気探傷装置によれば、請求項3記載の磁気探傷装置における検出手段により検出された出力差及び位相差の少なくとも一方を表示する表示手段と、検出手段により検出された出力差及び位相差の少なくとも一方に基づいて被検査体の損傷状況を判定する判定手段と、の少なくとも一方が備えられるので、表示手段が備えられた場合にはオペレータは表示手段による表示内容に基づいて容易に被検査体の損傷状況を判定することができ、判定手段が備えられた場合には自動的に被検査体の損傷状況を判定することができる。

【0032】なお、前記低減部材は、前記磁界発生コイルの前記被検査体の検査面と直交する側面に前記磁界発生コイルの軸方向中心と前記低減部材の中心とが略一致するように設置することが好ましい。このように、低減部材を磁界発生コイルの被検査体の検査面と直交する側面に設置することにより、磁界発生コイルの被検査体の検査面に交差する面方向に対する磁界発生コイルからの

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \times \mu \times \sigma}}$$

【0036】ここで、 ω は磁界発生コイルから発生する交流磁界の角周波数、 μ は低減部材の透磁率、 σ は低減部材の導電率を示す。

【0037】このように低減部材の厚さを設定することにより、被検査体の検査面に交差する面方向に対する磁界発生コイルからの交流磁界の強さの低減の度合いを大きくすることができる。

【0038】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明に係る実施の形態を説明する。

【0039】図1には、本発明の実施の形態に係る磁気探傷装置の構成ブロックが示されている。同図に示すように、本実施の形態の磁気探傷装置は、耐火被覆34に覆われた鉄骨（鋼板）35の損傷による磁気的変化を検出するための検出センサー部16と、該センサー部の検出した信号を処理することにより位相差出力信号30及び差動出力信号31を出力する信号処理器33と、から構成される。

【0040】ここで、検出センサー部16は図2（a）の側面図、及び図2（b）の正面図（図2（a）の矢印S方向から見た図）に示すように、中央部に配置された

交流磁界の強さの低減部材による低減の度合いを大きくできると共に、低減部材を磁界発生コイルの軸方向中心と低減部材の中心とが略一致するように設置することにより、検出コイルが磁界発生コイルの軸方向中心を中心として配置されている場合の検出コイルに対する低減部材の影響を略均一にすることができる。

【0033】また、前記低減部材は、非磁性でかつ導電性の高い金属材料の平板であることが好ましい。このように、低減部材を非磁性とすることにより磁界発生コイルから発生された交流磁界等による低減部材の磁化を防ぐことができ、低減部材を導電性の高い金属材料とすることにより低減部材に磁界発生コイルから発生した交流磁界による渦電流を発生しやすくして被検査体の検査面に交差する面方向に対する磁界発生コイルからの交流磁界の強さの低減の度合いを大きくできると共に、低減部材を平板とすることにより低減部材の検出センサー部への設置が容易に行えるようになる。

【0034】また、前記低減部材の厚さは、前記磁界発生コイルに前記第1の交流磁界を発生させるために印加される交流電流の周波数に基づいて決定される表皮深さよりも厚いことが好ましい。すなわち、低減部材の厚さは、次の（1）式で求められる表皮深さ δ よりも厚いことが好ましい。

【0035】

【数1】

（1）

磁界発生コイルとしての励磁コイル11、該励磁コイルの両端部近傍の各位置に配置された検出コイル12及び検出コイル13、該検出センサー部16を移動する際に把持する取手14、及び上記各コイルの図2（a）奥手側（図2（b）右側）の側面に取付けられた低減部材としての遮蔽板15から構成される。上記励磁コイル11及び検出コイル12、13は、長筒状の物体に絶縁被覆線を巻き付けることにより実現できる。なお、励磁コイル11及び検出コイル12、13の断面形状は、任意好適に変更可能であり、例えば円形でも角形でも良い。また、本実施の形態における検出センサー部16の各部の寸法は、図2（a）及び図2（b）に示すように、検出センサー部16の図2（a）の左右方向に沿った長さが245mm、検出コイル12、13の図2（a）の上下方向に沿った高さが40mm、遮蔽板15の図2（a）の左右方向に沿った長さが150mm、遮蔽板15の図2（a）の上下方向に沿った高さが75mm、遮蔽板15の板厚が5mmであるものとする。また、本実施の形態における遮蔽板15の材質はアルミニウムであるものとする。

【0041】さらに、検出センサー部16を構成する各

コイルの位置関係を図 3 の側面図に示す。同図の励磁コイル 1 1、検出コイル 1 2 及び検出コイル 1 3 の軸方向（コイル中空部の中心を通して開口部と直交する線の方向）をそれぞれ P 方向、Q 方向、R 方向とすると、P 方向に対して Q 方向及び R 方向は略直交すると共に Q 方向と R 方向は、略同一の方向に設定されている。また、励磁コイル 1 1 の一方の端部から検出コイル 1 2 の中心軸までの間隔 d_1 及び他方の端部から検出コイル 1 3 の中心軸までの間隔 d_2 は、略等しくなるように設定される。

【0042】また、図 1 に示すように、信号処理器 3 3 は、励磁コイル 1 1 に交流電流を供給する交流信号発生部 2 3 と、検出コイル 1 2、1 3 の出力信号を処理する検出手段としての検出信号処理部 3 2 と、から構成される。

【0043】ここで、交流信号発生部 2 3 は、所定周波数の交流信号を生成する発振回路 2 2 と、該発振回路 2 2 により生成された交流信号を一定電流の交流電流に増幅する定電流回路 2 1 と、からなる。定電流回路 2 1 は、励磁コイル 1 1 と接続されており、定電流回路 2 1 から供給される交流電流により、励磁コイル 1 1 には、交流磁界が発生する。

【0044】検出信号処理部 3 2 は、検出コイル 1 2 と接続され、該コイルの出力信号を増幅可能な増幅器 2 4、増幅器 2 4 により増幅された検出コイル 1 2 の出力信号の位相を調整可能な位相調整器 2 6、検出コイル 1 3 と接続され、該コイルの出力信号を増幅可能な増幅器 2 5、及び増幅器 2 5 により増幅された検出コイル 1 3 の出力信号の位相を調整可能な位相調整器 2 7 を備えている。

【0045】さらに、検出信号処理部 3 2 は、入力された 2 つの交流信号の位相差を検出し、検出した位相差情報を位相差出力信号 3 0 として出力する位相検波器 2 8 と、入力された 2 つの交流信号の出力差（電圧差、パワー差等）を検出し、検出した出力差を増幅して差動出力信号 3 1 として出力する差動増幅器 2 9 と、を備えている。

【0046】位相検波器 2 8 には、発振回路 2 2、位相調整器 2 6 及び位相調整器 2 7 の少なくともいずれか 2 つの機器が接続されており、接続されている 2 つの機器の出力信号を入力信号とすることができる。すなわち、位相検波器 2 8 に、発振回路 2 2 といずれかの位相調整器とが接続されている場合には、位相検波器 2 8 は、発振回路 2 2 から出力される基準となる交流信号と、接続されているいずれかの検出コイルの出力信号との位相差を検出する。そして、位相検波器 2 8 に、位相調整器 2 6、2 7 が接続されている場合には、位相検波器 2 8 は、検出コイル 1 2 の出力信号と検出コイル 1 3 の出力信号との位相差を検出する。

【0047】なお、検出精度を高めるため、位相調整器

2 6、2 7 を位相検波器 2 8 に接続した後者の場合が好ましい。また、位相検波器 2 8 が、位相差を示す量として、ある位相（同時点）における 2 つの入力信号の出力差を検出するようにしても良い。

【0048】また、差動増幅器 2 9 には、位相調整器 2 6 及び位相調整器 2 7 が接続されており、差動増幅器 2 9 は、検出コイル 1 2 及び検出コイル 1 3 の増幅・位相調整された出力信号の出力差を検出する。

【0049】なお、以上述べた増幅器 2 4、2 5、位相調整器 2 6、2 7、位相検波器 2 8、及び差動増幅器 2 9 は、信号処理器 3 3 に備えられた調整用つまみ（図示せず）によって、増幅率や位相を調整可能とされている。

【0050】次に、信号処理器 3 3 の出力端にデータ表示・解析用の装置を接続することにより磁気探傷システムを構成した例を図 4 に示す。同図に示すように、信号処理器 3 3 には、位相差出力信号 3 0 及び差動出力信号 3 1 の少なくともいずれかを表示・記録可能な X-Y レコーダ 5 0、オシロスコープ 5 2、及びコンピュータ 5 4 のいずれかが接続されている。勿論、他の表示装置、例えばデジタル表示器などを用いることもできる。オペレータは、これらの装置により表示・記録された信号波形を観察することにより、被検査体（鉄骨 3 5）の損傷状況を判断できる。

【0051】なお、コンピュータ 5 4 は、位相差出力信号 3 0 や差動出力信号 3 1 の波形を、ディスプレイに表示したり図示しないプリンタに出力したりするだけでなく、位相差出力信号 3 0 や差動出力信号 3 1 に基づいて自動的に被検査体の損傷状況を判断したり、各出力信号や損傷状況をデータベース化する処理等を行うことが可能である。上記 X-Y レコーダ 5 0 及びオシロスコープ 5 2 が本発明の表示手段に、上記コンピュータ 5 4 が本発明の判定手段に、各々相当する。

【0052】次に、本実施の形態の磁気探傷装置を用いて、梁が H 鋼であり、かつ柱と梁との接合部にガセットプレートが取り付けられた柱-梁接合部近傍における損傷状況の検査を実行する際のセンサー設置例を図 5 (a) 乃至図 5 (c) に示す。なお、図 5 (a) は側面図、図 5 (b) は図 5 (a) を矢印 U 方向から見た平面図、図 5 (c) は図 5 (a) を矢印 S 方向から見た正面図である。また、図 5 (c) に示すように梁 1 0 2 及び柱 1 0 0 の表面は、厚さ 5 0 mm ~ 6 5 mm 程度の耐火被覆 3 4 により覆われているが、図 5 (a) 及び図 5 (b) では各部の構造を明確化するために、耐火被覆の図示を省略している。また、本センサー設置例では、梁 1 0 2 の下フランジ 1 0 4 B の上面側の損傷の検査を行う場合の設置例について説明する。

【0053】図 5 (c) に示すように、まず、被検査体の梁 1 0 2 を覆う耐火被覆 3 4 上にガイド板 1 1 4 (図 5 (b) では図示省略) を上面が被検査面と略平行にな

るように設置し、そのガイド板 114 の上に検出センサー部 16 を配置する。すなわち、検出センサー部 16 は、このガイド板 114 の上を検査方向 K (図 5 (a) 参照) に沿って走査される。また、ガイド板 114 には、検出センサー部 16 の位置決めに用いる浅い溝が設けられており、この溝に沿って位置スケールも表示されている (図示せず)。

【0054】ガイド板 114 の溝を検査方向 K に合わせ、この溝に沿って検出センサー部 16 を走査し、位置スケールにより検出センサー部 16 の位置を読み取ることで正確な位置を再現し、これによって検査精度をさらに高めることができる。なお、ガイド板 114 の材料は、非導電体のアクリル樹脂などのプラスチック製品が望ましい。

【0055】次に、図 5 のように配置された検出センサー部 16 を用いて被検査体の損傷状況を検査したときの磁気探傷作業の流れを図 6 のフローチャートを用いて説明する。

【0056】図 6 のフローチャートに示すように、まず、検査を開始する前に検出コイル 12、13 の出力調整及び位相調整を行っておく (ステップ 200)。この調整時において、検出センサー部 16 を損傷の無い正常な平鋼板の上に置き、励磁コイル 11 に交流電流を供給し、これにより検出コイル 12、13 に誘起電圧を生じさせる。

【0057】このとき、位相調整では、信号処理器 33 が出力した位相差出力信号 30 が零に一致又は略一致するように、位相調整器 26、27 を調整して各出力信号の位相を揃え、出力調整では、差動出力信号 31 が零に一致又は略一致するように、増幅器 24、25 の増幅率を調整して各出力信号の出力を揃える。これらの調整は、図示しない調整つまみを回すだけの簡単な操作であり、初心者でも十分に可能である。

【0058】次に、検出センサー部 16 を、耐火被覆の上のスタート位置 X₀ に配置する (ステップ 202)。ここでは、図 5 (a) に示すように、柱 100 と梁 102 の接合部を原点とし、原点から梁鋼板の長手方向 (検査方向 K) に沿って検出センサー部 16 の先端部までの距離を X とする。すなわち、ステップ 202 では、X ← X₀ とする。なお、検出センサー部 16 の向き (励磁コイル 11 の軸方向) は、検査方向 K に略一致させておく。

【0059】そして、交流信号発生部 23 から励磁コイル 11 に交流電流を供給する (ステップ 204)。これにより、励磁コイル 11 には、交流磁界が発生し、図 7 (a) に示すように、その両端部から漏れ出した磁界 41、42 の一部は、下フランジ 104B に貫流し、これにより下フランジ 104B に渦電流 43、44 が生成される。そして、この渦電流 43、44 により、反磁界 45、46 が発生する。この反磁界 45、46 は鋼板の面

に対して略垂直な軸を有する検出コイル 12、13 と差交し、差交した反磁界 45、46 の時間的変化により検出コイル 12、13 には、誘導電圧が発生し、出力信号として出力される。

【0060】なお、図 7 (a) は、損傷が無い位置を検査した場合の磁界を示すものであり、渦電流 43、44 がほぼ等しいため反磁界 45、46 も等しく、各検出コイルの出力信号は、同位相、同出力振幅を示すことがわかる。但し、図 7 (a) に示された磁界は交流磁界なので、磁界方向を示す矢印の向きは交互に入れ換わることとなる (後述する図 7 (b) も同様)。

【0061】また、励磁コイル 11 の両端部から漏れ出した磁界 41、42 は、検出コイル 12、13 の位置にも至るが、この位置では磁界 41、42 の垂直方向の成分はきわめて小さいので、磁界 41、42 によって、励磁コイル 11 の垂直方向に向いた検出コイル 12、13 に誘起される電圧は無視できる。

【0062】さらに、励磁コイル 11 の両端部から漏れ出した磁界 41、42 は、ウェブ 106 (図 5 参照) の位置へも至ろうとするが、検出センサー部 16 の被検査面と直交する側面には、遮蔽板 15 (図 5 参照) が取付けられているため、ウェブ 106 側に向かう磁界 41、42 の強さは低減される。また、下フランジ 104B に生成された渦電流 43、44 の影響でウェブ 106 からは微小な反磁界が発生するが、この反磁界による検出コイル 12、13 への影響も遮蔽板 15 により軽減することができる。また、遮蔽板 15 は導電率の高いアルミニウムで構成されていると共に検出センサー部 16 の側部に取付けられているので、遮蔽板 15 には励磁コイル 11 から発生した磁界 41、42 によりウェブ 106 に発生される反磁界より非常に強い反磁界が常に発生されており、ウェブ 106 からの微小な反磁界の影響を相対的に小さくすることができる。したがってウェブ 106 側の影響も無視することができる。

【0063】検出コイル 12、13 で発生した各々の出力信号は、図 1 の増幅器 24、25 により増幅され、位相調整器 26、27 により位相調整される。そして、差動増幅器 29 により、各出力信号から検出された差動出力信号 31 が出力されると共に、位相検波器 28 により、各出力信号から検出された位相差出力信号 30 が出力される。

【0064】そこで、図 6 のフローチャートに示すように、信号処理器 33 の後段に接続されている表示・記録装置 (図 4 参照) により、位置 X に検出センサー部 16 を配置したときの差動出力信号 S (X) を検出すると共に (ステップ 206)、位相差出力信号 P (X) を検出する (ステップ 208)。このとき、図 4 の X-Y レコーダ 50 を用いて、検出したデータを順次、記録紙に記録したり、オシロスコープ 52 やデジタル表示器に表示された検出値を紙にプロットする。また、コンピュータ

54の記憶装置に検出値を記憶しても良い。

【0065】次に、検出センサー部16の現時点の配置位置 X が検査終了位置 X_e に一致しているか否かを判定する(ステップ210)。なお、図5(a)の場合、検査終了位置 X_e は、検出コイル12の先端部が柱100と梁102との接合部を覆う被覆材の角に至ったときの検出センサー部16の位置に相当する。

【0066】現時点の位置 X が検査終了位置 X_e でない場合(ステップ210否定判定)、検出センサー部16を所定距離 ΔX だけ検査方向 K へ移動させる。これにより、検出センサー部16の位置 X は $X_e - \Delta X$ となる。そして、ステップ206、208に戻り、更新された位置 X について再び差動出力信号 $S(X)$ 及び位相差出力信号 $P(X)$ を検出し、同様の処理を実行する。

【0067】このようにして、順次、スタート位置 X_s から終了位置 X_e まで ΔX 刻みに差動出力信号 $S(X)$ 及び位相差出力信号 $P(X)$ が得られていく。ここで、亀裂が無い位置を検査した場合は、検出コイル12、13の出力信号は、ほぼ同位相であり、出力振幅レベルも近いので、差動出力信号 $S(X)$ 及び位相差出力信号 $P(X)$ は、小さい値となる。

【0068】これに対し、例えば、図7(b)に示すように、損傷部80に検出センサー部16が近づくと、亀裂部分の抵抗値が大きくなっているため、磁界41により生じる渦電流は、亀裂が無い場合と比較して電流値が小さくなる。また、検出センサー部16の接近と共に、損傷部80を境にして渦電流が43aから43bへと変化し、これによって生じる反磁界45、46も変化する。この結果、検出コイル12を差交する磁束が検出コイル13を差交する磁束と異なってくるため、差動出力信号が大きくなる。

【0069】そこで、図6のフローチャートに示すように、現時点の位置 X が検査終了位置 X_e に一致した場合(ステップ210肯定判定)、位置 X_s から X_e までの差動出力信号 $S(X)$ に基づいて損傷位置を検出する(ステップ214)。

【0070】一方、検出センサー部16が柱100と梁102との接合部に近づいた位置では、被検査対象(梁)と垂直に交わる柱に励磁コイル11の端部から漏れ出た磁界が貫流し、柱に発生した渦電流による交流磁界によって柱に近い検出コイルに誘起される電圧が変化し、接合部の亀裂の有無に係わらず差動出力信号が変化する。また、出力電圧の絶対値は、センサ高さや被検査体の大きさなどで変化するため、差動出力信号によっては接合部の亀裂の有無を判定することは困難となる。なお、接合部にはガセットプレート110が取付けられており、検出コイル12からガセットプレート110を含めたウェブ106までの距離がガセットプレート110の厚さ分だけ検出コイル13からウェブ106までの距離より小さくなるため、検出コイル12と検出コイル1

3とでは、ウェブ106側から受ける影響のバランスが崩れるが、上述したように検出センサー部16の側面に取付けられた遮蔽板15の作用により、ウェブ106側から受ける影響は無視することができる。既に図11により説明したように、ガセットプレート110が接合部に取付けられている場合であっても、遮蔽板15の作用によりガセットプレートの影響を除去または軽減することができ、柱100と梁102との接合部における亀裂(図5の損傷部82)の有無により位相差出力信号の出力パターンが反転するという実験結果が得られている。

【0071】そこで、図6のフローチャートに示すように、位相差出力信号 $P(X)$ に基づいて、柱100と梁102との接合部の亀裂の有無を判定し(ステップ216)、検査を終了する。なお、ステップ214、216の損傷位置の検出において、オペレータは、 $X-Y$ レコーダ50等により記録された波形を見、該波形の変化パターン、記録信号の絶対値が所定の基準値を越えたか否か、或いは信号の出力パターンにより、損傷位置を判定する。なお、この判定基準をプログラム化し、コンピュータ54が自動的に損傷位置を判断するようにしても良い。

【0072】なお、本実施の形態では、2個の検出コイルを用いるため、検出コイル1個の場合よりも大きな検出値を得ることができ、より高精度の探傷が可能となる。この大きな出力が得られる理由として、励磁コイルによって鋼板に発生する2つの渦電流からの磁場のうち損傷側の磁場が変化すると他方の磁場は逆方向に変化する性質を有していることが挙げられる。試作装置で概算した場合、検出コイル1個に比べて約7%の出力向上が得られている。

【0073】ここで、本実施の形態に係る磁気探傷装置の一実施例を図8(a)～図8(f)に示し、遮蔽板15を設けることによりガセットプレート110が取付けられている場合であっても上記ステップ216において高精度に柱-梁接合部の亀裂を検出できることを示す。なお、本実測を行った際のセンサ高さ(被検査面から検出センサー部までの高さ)は、全て80mmである。

【0074】図8(a)は、遮蔽板15を検出センサー部16に設けずかつ柱と梁との接合部にガセットプレート110が取付けられていない場合における、柱と梁との接合部近傍に亀裂があるときと無いときとの差動出力電圧のセンサ位置に対する変化を示している。亀裂の有無に係わらず、接合部に近づくと差動出力電圧は増加する。差動出力電圧の絶対値は、センサ高さや被検査体の大きさなどで変化するため、差動出力電圧による接合部の亀裂の有無の判定は困難であることがわかる。

【0075】これに対し、図8(b)は、遮蔽板15を検出センサー部16に設けずかつ柱と梁との接合部にガセットプレート110が取付けられていない場合における、柱と梁との接合部近傍に亀裂があるときと無いとき

との位相差出力電圧のセンサ位置に対する変化を示すもので、位相差出力の変化は、僅差ではあるが接合部の亀裂の有無に応じて出力パターンが反転する。従って、ガセットプレート 110 が取付けられていない場合には、遮蔽板 15 を検出センサー部 16 に設けることなく、位相差出力電圧の出力パターンを検知することにより、接合部における亀裂の有無を高精度で検出できることがわかる。図 8 (c) は、遮蔽板 15 を検出センサー部 16 に設けずかつ柱と梁との接合部にガセットプレート 110 が取付けられている場合における、柱と梁との接合部近傍に亀裂があるときと無いときとの差動出力電圧のセンサ位置に対する変化を示している。この場合は、検出センサー部 16 を接合部に対して近づけていったとき、ガセットプレート 110 の影響で差動出力電圧の増加を開始する位置が図 8 (a) に示したガセットプレート 110 が無い場合に比較して接合部より離れた位置となり、さらに接合部に近づけると亀裂がある場合は無い場合に比較して差動出力電圧が大きくなる。このようにガセットプレート 110 がある場合には無い場合に比較して、差動出力電圧の変化の大きさに差異は見られるものの、差動出力電圧の絶対値は、センサ高さや被検査体の大きさで変化するため、この場合もガセットプレートが無い場合と同様に、差動出力電圧による接合部の亀裂の有無の判断は困難である。

【0076】また、図 8 (d) は、遮蔽板 15 を検出センサー部 16 に設けずかつ柱と梁との接合部にガセットプレート 110 が取付けられている場合における位相差出力電圧のセンサ位置に対する変化を示すもので、この場合は、ガセットプレート 110 の影響で位相差出力電圧の大きさは全体的に図 8 (b) に示したガセットプレート 110 が無い場合に比較してかなり大きくなるが、この出力パターンの変化は亀裂の有無に係わらず同一方向であり、図 8 (b) に示したような出力パターンの反転は起こらないため、位相差出力電圧による亀裂の有無の判断は困難である。

【0077】図 8 (e) は、遮蔽板 15 を検出センサー部 16 に設けかつ柱と梁との接合部にガセットプレート 110 が取付けられている場合の、柱と梁の接合部近傍に亀裂があるときと無いときとの差動出力電圧のセンサ位置に対する変化を示している。亀裂の有無に係わらず、接合部に近づくと差動出力電圧は増加するが、その値は遮蔽板が無い場合 (図 8 (c) の場合) に比較して小さい。差動出力電圧の絶対値は、センサ高さや被検査体の大きさなどで変化するため、差動出力電圧による接合部の亀裂の有無の判断は困難であることがわかる。

【0078】これに対し、図 8 (f) は、図 8 (e) と同様の条件における柱と梁との接合部近傍に亀裂があるときと無いときとの位相差出力電圧のセンサ位置に対する変化を示すもので、ガセットプレート 110 の影響で位相差出力電圧の変化は早く現れているが、図 8 (b)

に示した遮蔽板が無い場合と同様に、位相差出力電圧の変化は、僅差ではあるが接合部の亀裂の有無に応じて出力パターンが反転する。従って、位相差出力の出力パターンを検知することにより、接合部における亀裂の有無を高精度で検出できることがわかる。

【0079】以上詳細に説明したように、本実施の形態に係る磁気探傷装置は、遮蔽板 15 を検出センサー部 16 のウェブ 106 側の側面に設けることによりウェブ 106 側からの交流磁界の影響を除去または軽減しているため、ガセットプレート 110 が柱と梁との接合部に取付けられている場合であっても、確実に柱と梁との接合部における損傷を検出することができる。

【0080】なお、本実施の形態では、2 個の検出コイルを備えた検出センサー部 16 に遮蔽板 15 を取付けた場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、検出コイルが 1 個のみの検出センサー部であっても、遮蔽板を取付けることにより本実施の形態と同様の効果、すなわち検出センサー部の側方の影響を除去または軽減することができるという効果を得ることができる。

【0081】また、本実施の形態では、遮蔽板 15 の材質としてアルミニウムを適用した場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、遮蔽板 15 の材質としては好ましくは非磁性でかつ導電性の高い金属であればよく、例えば、銅、ステンレス等を適用することができる。

【0082】また、本実施の形態では、励磁コイル 11 として I 字形コイルを用いた場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、U 字形コイルなどの他の形態のコイルを用いてもよい。

【0083】また、本実施の形態では、柱-梁接合部に取付けられているガセットプレート 110 の影響を遮蔽板 15 により除去または軽減する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、ウェブ 106 の接合部以外の部分に例えば補強板やボルト等が取付けられている場合についても遮蔽板 15 により上記補強板やボルト等の影響を除去または軽減することができる。

【0084】また、本実施の形態では、被検査体が被検査面と被検査面に直交する面を備えた H 鋼である場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば被検査面に所定角度で斜交する面を備えた鋼材に対しても本実施の形態と同様に該斜交する面からの影響を除去または軽減できることはいうまでもない。

【0085】また、本実施の形態では、検出コイル 12 及び検出コイル 13 の絶縁被覆線の巻く方向を互いに同一の方向として各検出コイルに誘導された出力信号間の出力差に基づいて損傷を検出する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各検出コイルの絶縁被覆線の巻く方向を互いに逆の方向として各

検出コイルに誘導された出力信号間の出力和に基づいて損傷を検出する形態としてもよい。

【0086】また、本実施の形態では、遮蔽板15の寸法を図2に示すように長さ150mm、高さ75mm、板厚5mmとした場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、任意好適な寸法とすることができる。

【0087】本出願人による複数種類の寸法の遮蔽板を用いたシミュレーションの結果、遮蔽板の長さは励磁コイルの軸方向長さの1~3倍の寸法、遮蔽板の高さは励磁コイルの軸方向と直交する方向の幅の3~10倍の寸法とすることが有効であることが確認されている。

【0088】また、本実施の形態では、励磁コイル11の一方の端部から検出コイル12の中心軸までの間隔及び他方の端部から検出コイル13の中心軸までの距離を固定とする場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各距離を変更可能とする調整機能を有する形態としてもよい。

【0089】この調整機能を実現する手段を備えた検出センサー部16の1例を図9に示す。同図に示す検出センサー部16は、検出コイル12、13が固定されたスライド板と、励磁コイル11の軸方向と略一致する方向に各スライド板をスライド可能なように構成され、かつその中央部に励磁コイル11が固定されたスライド支持体と、を備えている。

【0090】このスライド支持体は、各スライド板を固定させるためのストッパーと、励磁コイル11の端部から各検出コイルまでの間隔を示すスケールとを備えている。オペレータは、ストッパーを緩め、スケールを見ながら検出コイル12、13を移動させ、あるスケール値となったところでストッパーを締めることにより、間隔 d_1 、 d_2 （図3も参照）を自在に設定することができる。なお、ねじやヘリコイド等を用いることにより間隔 d_1 、 d_2 の微調整ができるように構成しても良い。

【0091】耐火被覆の厚さは、その耐火基準によって異なるため、耐火被覆の厚さに応じて検出センサー部と被検査面との距離は変化する。ここで、センサ高さ（20~100mm間）によって励磁コイルから発生した磁界の垂直方向成分が変化する様子をシミュレーションした結果を図10に示す。同図に示すように、被検査体上で渦電流を発生させる垂直方向成分は、検出センサー部から距離が離れると最大ピーク点が外側へ移動していることがわかる。そこで、上記のように励磁コイルと検出コイルとの間隔を可変とし、垂直方向成分の最大ピーク点、すなわち、最も渦電流が強くなる点の上に検出コイルの中央部をセンサ高さに応じて配置することを可能とすることにより、検出感度を向上させることができる。

【0092】

【発明の効果】請求項1記載の磁気探傷装置によれば、被検査体の検査面と交差する面方向に対して磁界発生コ

イルから発生する第1の交流磁界の強さを低減する低減部材が検出センサー部に備えられているので、検出センサー部における被検査体の検査面と交差する面方向に何らかの構造物が存在する場合であっても、該構造物からの検出センサー部に対する交流磁界による影響を除去または軽減することができる、という効果が得られる。

【0093】また、請求項2記載の磁気探傷装置によれば、請求項1記載の磁気探傷装置における検出コイルとして、磁界発生コイルの両端部近傍の各位置に、各々軸方向が磁界発生コイルの軸方向と略直交すると共に各々略同じ方向を向くように配置された2個の検出コイルを用いているので、検出センサー部は自己校正型センサーとなり、2個の検出コイルの出力の差分に基づいて被検査体の損傷を確実に検出することができる、という効果が得られる。

【0094】また、請求項3記載の磁気探傷装置によれば、請求項2記載の磁気探傷装置における2個の検出コイルに誘導された出力信号間の出力差及び位相差の少なくとも一方が検出されるので、検出された出力差及び位相差の少なくとも一方に基づいて容易に被検査体の損傷を検査することができる、という効果が得られる。

【0095】また、請求項4記載の磁気探傷装置によれば、請求項3記載の磁気探傷装置における検出手段により検出された出力差及び位相差の少なくとも一方を表示する表示手段と、検出手段により検出された出力差及び位相差の少なくとも一方に基づいて被検査体の損傷状況を判定する判定手段と、の少なくとも一方が備えられるので、表示手段が備えられた場合にはオペレータは表示手段による表示内容に基づいて容易に被検査体の損傷状況を判定することができ、判定手段が備えられた場合には自動的に被検査体の損傷状況を判定することができる、という効果が得られる。

【0096】また、請求項5記載の磁気探傷装置によれば、低減部材が磁界発生コイルの被検査体の検査面と直交する側面に設置されるので、磁界発生コイルの被検査体の検査面に交差する面方向に対する磁界発生コイルからの交流磁界の強さの低減部材による低減の度合いを大きくできると共に、低減部材が磁界発生コイルの軸方向中心と低減部材の中心とが略一致するように設置されるので、検出コイルが磁界発生コイルの軸方向中心を中心として配置されている場合の検出コイルに対する低減部材の影響を略均一にすることができる、という効果が得られる。

【0097】また、請求項6記載の磁気探傷装置によれば、低減部材が非磁性とされるので、磁界発生コイルから発生された交流磁界等による低減部材の磁化を防ぐことができ、低減部材が導電性の高い金属材料とされるので、低減部材に磁界発生コイルから発生した交流磁界による渦電流を発生しやすくして被検査体の検査面に交差する面方向に対する磁界発生コイルからの交流磁界の強

さの低減の度合いを大きくすることができると共に、低減部材が平板とされるので、低減部材の検出センサー部への設置が容易に行えるようになる、という効果が得られる。

【0098】さらに、請求項7記載の磁気探傷装置によれば、低減部材の厚さが磁界発生コイルに第1の交流磁界を発生させるために印加される交流電流の周波数に基づいて決定される表皮深さよりも厚くされるので、被検査体の検査面に交差する面方向に対する磁界発生コイルからの交流磁界の強さの低減の度合いを大きくすることができる、という効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る磁気探傷装置の構成ブロックを示す図である。

【図2】本発明の実施の形態に係る検出センサー部の詳細な構成を示す図であり、(a)は検出センサー部の側面図、(b)は(a)において矢印S方向から見た検出センサー部の正面図である。

【図3】本発明の実施の形態に係る検出センサー部における励磁コイルと検出コイルとの位置関係を示す図である。

【図4】本発明の実施の形態に係る磁気探傷システムの構成例を示す図である。

【図5】本発明の実施の形態に係る磁気探傷装置により被検査体の探傷状況の検査を行う場合の検出センサー部及び被検査体の概略の設置図であり、(a)は側面図、(b)は(a)における矢印U方向から見た平面図、(c)は(a)における矢印S方向から見た正面図である。

【図6】本発明の実施の形態に係る磁気探傷作業の流れを示すフローチャートである。

【図7】本発明の実施の形態に係る励磁コイルに交流電流を流したときに発生する磁界、被検査体に発生する渦電流、及び渦電流により生じた反磁界の分布を示す図であって、(a)は損傷部が検出コイルの位置の近傍にはない場合の図、(b)は損傷部が検出コイルの近傍にある場合の図である。

【図8】柱-梁接合部における差動出力電圧または位相差出力電圧の、亀裂から検出センサー部先端までの距離に対する変化を示すグラフであって、(a)はガセットプレートが取付けられていない柱-梁接合部を遮蔽板が設けられていない検出センサー部により検査した場合の差動出力電圧、(b)はガセットプレートが取付けられていない柱-梁接合部を遮蔽板が設けられていない検出センサー部により検査した場合の位相差出力電圧、(c)はガセットプレートが取付けられている柱-梁接合部を遮蔽板が設けられていない検出センサー部により検査した場合の差動出力電圧、(d)はガセットプレートが取付けられている柱-梁接合部を遮蔽板が設けられていない検出センサー部により検査した場合の位相差出力電圧、(e)はガセットプレートが取付けられている柱-梁接合部を遮蔽板が設けられていない検出センサー部により検査した場合の差動出力電圧、(f)はガセットプレートが取付けられている柱-梁接合部を遮蔽板が設けられていない検出センサー部により検査した場合の位相差出力電圧、の各々の変化を示すグラフである。

【図9】励磁コイルと検出コイルとの間隔の調整機能を有する場合の構成図である。

【図10】励磁コイルに交流電流を流したときに鋼板に生じた渦電流により発生した磁界の、センサ高さ毎の垂直方向の磁界分布である。

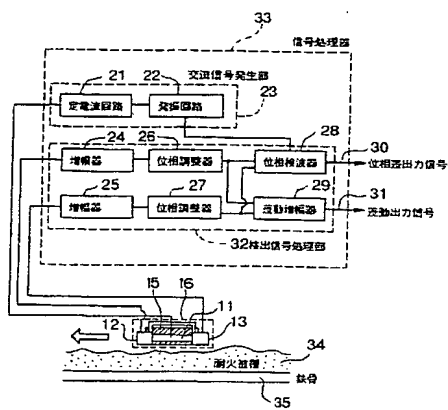
【図11】本発明の原理を説明するための図であって、(a)は、柱-柱モデルで探傷状況の検査を行う場合のセンサー部配置図及びセンサー部先端の位置に対する差動出力電圧のグラフ、(b)は、柱-梁モデルで柱と梁との接合部の亀裂の有無を検査する場合のセンサー部配置図及びセンサー部先端の位置に対する位相差出力の亀裂の有無別のグラフである。

【図12】従来技術の問題点の説明に供する図であり、ガセットプレートを用いた場合の柱-梁接合部及びその周辺の構造を示す斜視図及び該斜視図における一部を拡大した破断側面図である。

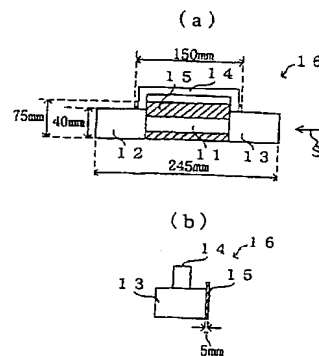
【符号の説明】

- 11 励磁コイル (磁界発生コイル)
- 12 検出コイル
- 13 検出コイル
- 14 取手
- 15 遮蔽板 (低減部材)
- 16 検出センサー部
- 21 定電流回路
- 22 発振回路
- 23 交流信号発生部
- 24、25 増幅器
- 26、27 位相調整器
- 28 位相検波器
- 29 差動増幅器
- 30 位相差出力信号
- 31 差動出力信号
- 32 検出信号処理部 (検出手段)
- 33 信号処理器
- 50 X-Yレコーダ (表示手段)
- 52 オシロスコープ (表示手段)
- 54 コンピュータ (判定手段)
- 100 柱
- 102 梁 (被検査体)
- 104 フランジ
- 106 ウェブ
- 108 スカラップ
- 110 ガセットプレート

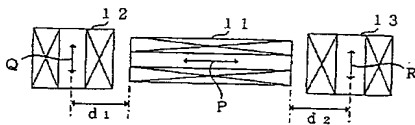
【図 1】



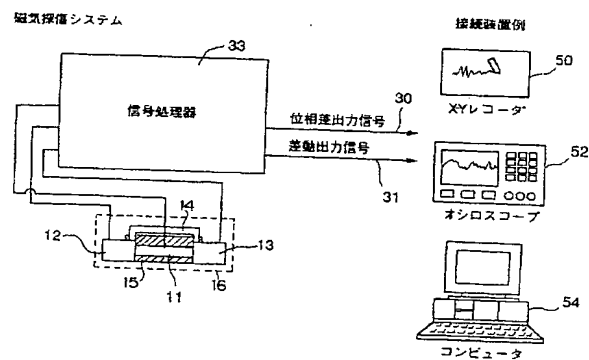
【図 2】



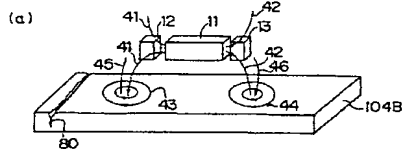
【図 3】



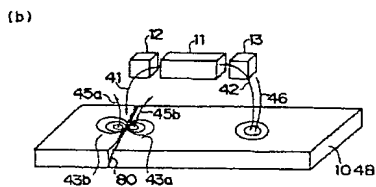
【図 4】



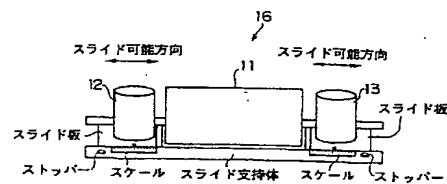
【図 7】



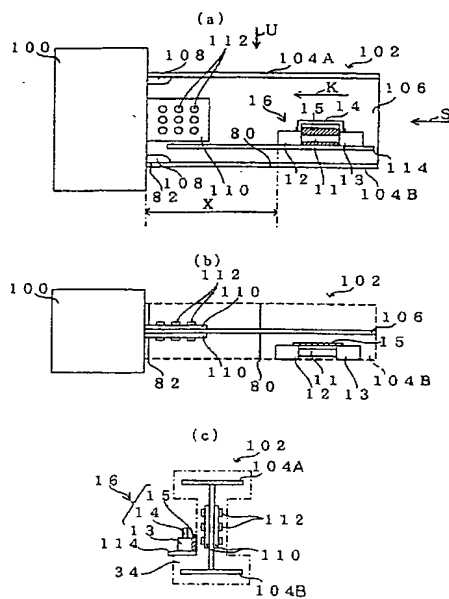
交流なので
矢印は交互に入れ替る



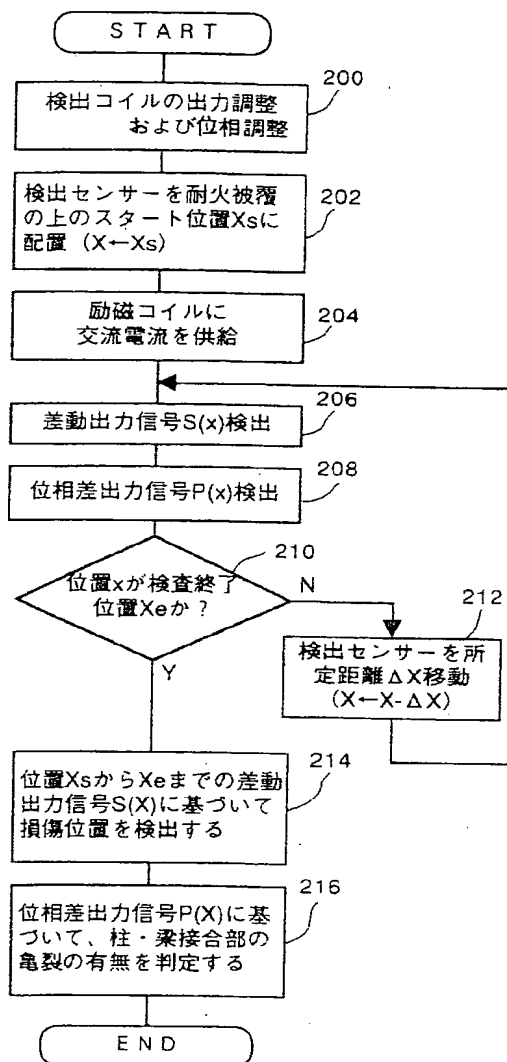
【図 9】



【図5】

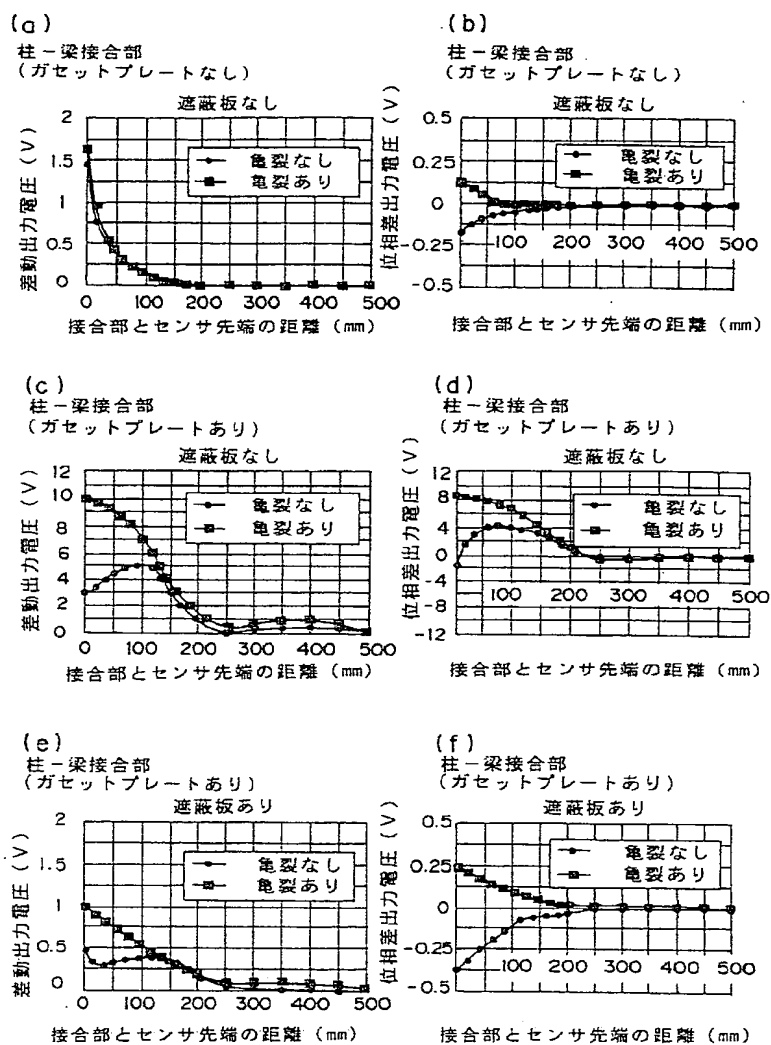


【図6】

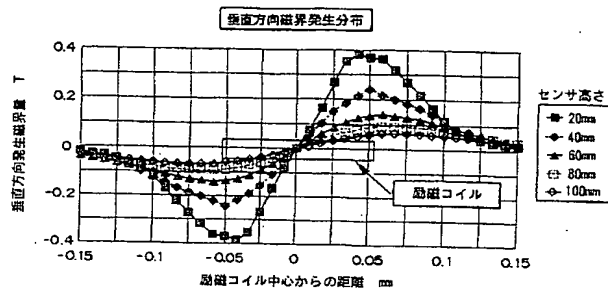


BEST AVAILABLE COPY

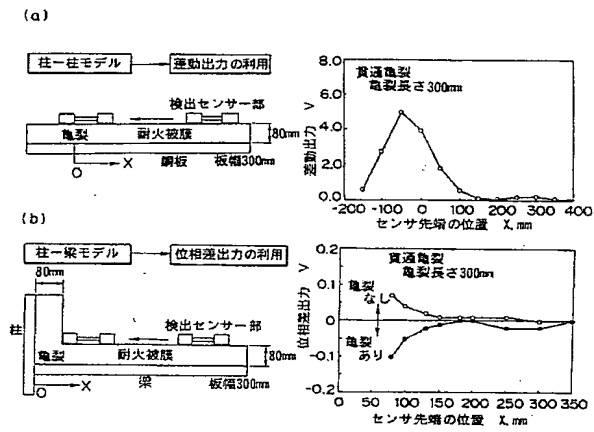
【図8】



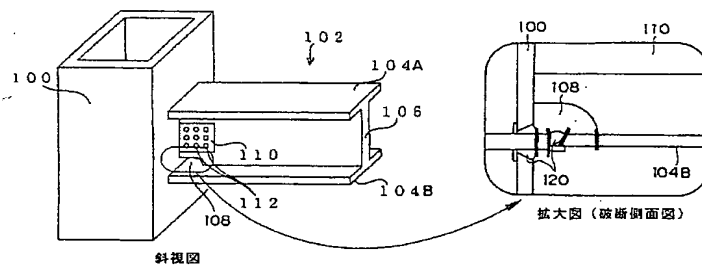
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 梅国 章

千葉県印西市大塚 1 丁目 5 番地 1 株式会
社竹中工務店技術研究所内

(72)発明者 杵渕 雅男

兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号
株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72)発明者 佐藤 尚之

宮城県仙台市太白区郡山六丁目 7 番 1 号
株式会社トーキン内

(72)発明者 星 則光

宮城県仙台市太白区郡山六丁目 7 番 1 号
株式会社トーキン内

05